



PROYEK AKHIR TERAPAN – RC 146599

**DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOLLAND PARK
CONDOTEL BATU – MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
METODE DUAL SYSTEM DAN METODE PELAKSANAAN
PEKERJAAN BALOK DAN PLAT**

Mahasiswa

EDDO BAGUS ARDIANSYAH

NRP. 3113.041.016

Dosen Pembimbing I

Ir. Boedi Wibowo. CES

NIP. 19530424 198203 1002

Dosen Pembimbing II

Afif Navir R. ST. MT.

NIP. 19840919 2015041 001

PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

FAKULTAS VOKASI

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2017



PROYEK AKHIR TERAPAN – RC 146599

**DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOLLAND PARK
CONDOTEL BATU – MALANG DENGAN
MENGUNAKAN METODE DUAL SYSTEM DAN
METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK DAN
PLAT**

Mahasiswa

EDDO BAGUS ARDIANSYAH

NRP. 3113.041.016

Dosen Pembimbing I

Ir. BOEDI WIBOWO. CES

NIP. 19530424 198203 1002

Dosen Pembimbing II

AFIF NAVIR R. ST. MT.

NIP. 19840919 2015041 001

**PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017**



FINAL PROJECT APPLIED – RC146599

**DESIGN STRUCTURE OF HOLLAND PARK CONDOTEL
BATU-MALANG USING DUAL SYSTEM METHOD AND
CONSTRUCTION METHOD OF BEAM AND PLATE.**

Student Name

EDDO BAGUS ARDIANSYAH

NRP. 3113.041.016

Supervisor I

Ir. Boedi Wibowo, CES.

NIP. 19530424.198203.002

Supervisor II

Afif Navir Refani ST, MT.

NIP. 19840919.2015041.001

DIPLOMA IV CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF VOCATION

SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY

SURABAYA

2017

LEMBAR PENGESAHAN
DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOLLAND PARK
CONDOTEL BATU- MALANG DENGAN
MENGGUNAKAN METODE DUAL SYSTEM DAN
METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK DAN
PLAT


TUGAS AKHIR TERAPAN

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Sains Terapan
Pada
Program Studi Diploma IV Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Surabaya ²⁴Juli 2017

Disusun Oleh :

MAHASISWA :


Eddo Bagus Ardiansyah
NRP. 3113041016


27 JUL 2017

Disetujui oleh,
Dosen pembimbing I

Ir. Boedi Wibowo CES
Nip. 19530424 198203 002

Disetujui oleh,
Dosen pembimbing II

Afif Navir Revani ST., MT.
Nip. 19840919 2015041 001





BERITA ACARA
TUGAS AKHIR TERAPAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA EMPAT TEKNIK SIPIL
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI ITS

No. Agenda :
 037713/IT2.VI.8.1/PP.06.00/2017

Tanggal : 7/11/2017

Judul Tugas Akhir Terapan	Desain Struktur Gedung Holland Park Condotel Batu - Malang dengan Menggunakan Metode Dual System dan Metode Pelaksanaan Pekerjaan Balok dan Plat		
Nama Mahasiswa	Eddo Bagus Ardiansyah	NRP	3113041016
Dosen Pembimbing 1	Ir. Boedi Wibowo, CES. NIP 19530424 198203 1 002	Tanda tangan	<i>Abowo</i>
Dosen Pembimbing 2	Afif Navir Refani, ST., MT. NIP 19840919 201504 1 001	Tanda tangan	<i>Refani</i>

URAIAN REVISI	Dosen Penguji
1. cek kombinasi pembebanan gempa rdr.	<i>Nur AB -</i> Nur Achmad Husin, ST., MT. NIP 19720115 199802 1 001
2. gbr. diperjelas	
3. tempat tanpa elevasi	
1 Metode Pelaksanaan nya agar lebih sempurna.	<i>Sukobar</i> Ir. Sukobar, MT. NIP 19571201 198601 1 002
	NIP -
	NIP -
	NIP -

PERSETUJUAN HASIL REVISI			
Dosen Penguji 1	Dosen Penguji 2	Dosen Penguji 3	Dosen Penguji 4
<i>Nur AB -</i>	<i>Sukobar</i>		
Nur Achmad Husin, ST., MT. NIP 19720115 199802 1 001	Ir. Sukobar, MT. NIP 19571201 198601 1 002	NIP -	NIP -

Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjilidan Buku Laporan Tugas Akhir Terapan	Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
	<i>Abowo</i> Ir. Boedi Wibowo, CES. NIP 19530424 198203 1 002	<i>Refani</i> Afif Navir Refani, ST., MT. NIP 19840919 201504 1 001



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60118

Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025

<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 Edo Bagus A. 2
NRP : 1 3113091016 2
Judul Tugas Akhir : DESAIN STRUKTUR GEDUNG
HOLLAND PARK CONDOTEL
BATU-MALANG DENGAN MEMBUKAKAN METODE DUAL SISTEM.
Dosen Pembimbing : Arie Nuri Resani, ST., MT.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
1.	9 februari 2017.	Lanjutan preliminary design.				
				B	C	K
				<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	13/2.2017	Peraturan daerah				
				B	C	K
				<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
3	16/2.2017	- SAP dilanjutkan - Dimensi tidak lebih besar jauh-jauh dari elastisitas.				
				B	C	K
				<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
A	23-02-2017	- Perhitungan Pelat SAP dan manual - Asistensi berurutan sesuai halaman.				
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket. :
B = Lebih cepat dari jadwal
C = Sesuai dengan jadwal
K = Terlambat dari jadwal



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116
Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025
<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1. Edo Bagus A 2
NRP : 1. 3113041016 2
Judul Tugas Akhir : DESAIN STRUKTUR GEDUNG
HOLLAND PARK CONDOTEL BATU - MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
METODE DUAL SYSTEM
Dosen Pembimbing : 1. Ir. Boedi Wibowo, CES
2. Afif Nover Revani, ST. MT.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
5.	23-02-2017	- Perhitungan pelat SAP dan manual (salah satu)				
		- Asistensi berikutnya sesuai bimbingan		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.	08-03-2017	- Lanjutkan.				
				B	C	K
				<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.	13-03-2017	- Perbaiki daftar isi		B	C	K
		- Perbaiki Flowchart		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.	23-03-2017	- Metode Pelapisan beton Bata		B	C	K
		- Hit. Kontrol dual system dulu baru periode.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9.	24-03-2017	- Perhitungan pelat Pbbi 1971 di Cak. Jaga		B	C	K
				<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket. :
B = Lebih cepat dari jadwal
C = Sesuai dengan jadwal
K = Terlambat dari jadwal



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116

Telp. 031-5947837 Fax. 031-5938025

<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama

: 1 Edo Bagus A

2

NRP

: 1 3113041066

2

Judul Tugas Akhir

:

Dosen Pembimbing

:

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
10.	4-05-2017	Lanjutan				
				B	C	K
				<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11.	4-05-2017	- Bodi lift di benarkan.				
		- Bodi lift akan menggunakan 4Mn dari baki.		B	C	K
		- Penulangan Pelat busanya lepuhan semua tumpuan dibenarkan.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Bodi selanjutnya bisa menggunakan semua dari gravitasi.				
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket.

- B = Lebih cepat dari jadwal
C = Sesuai dengan jadwal
K = Terlambat dari jadwal

Desain Struktur Gedung Holland Park Condotel Batu-Malang Dengan Menggunakan Metode Dual System Dan Metode Pelaksanaan Pekerjaan Balok Dan Plat

Nama Mahasiswa : Eddo Bagus Ardiansyah
NRP : 3113.04.1016
Departemen : Teknik Infrastruktur Sipil

Dosen Pembimbing I : Ir. Boedi Wibowo, CES.
NIP : 19530424.198203.002

Dosen Pembimbing II : Afif Navir Refani ST, MT.
NIP : 19840919.2015041.001

ABSTRAK

Gedung Holland Park Condotel terletak di Kota Batu-Malang dengan luas bangunan sebesar $\pm 953,68 \text{ m}^2$ dengan ketinggian 31,2 m. Gedung ini termasuk dalam kategori desain seismic kelas D, sehingga analisa strukturnya didesain dengan menggunakan metode Dual System (SRPMK dan dinding geser), bangunan ini direncanakan sesuai desain gempa 2500 tahun dengan desain gempa menggunakan analisis respon spektrum yang mengacu pada SNI 1726-2012 “ Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung “.

Gedung Holland Park Condotel Batu-Malang direncanakan menggunakan struktur utama (balok induk, kolom dan dinding geser) dan struktur sekunder (pelat, tangga, dan balok sekunder) menggunakan beton bertulang yang mengacu pada peraturan standart desain yang berlaku di Indonesia, yaitu SNI 2847-2013 “Tentang Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung”, SNI 1727-2013 “ Tentang Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung Dan Struktur Lain”, SNI 1726-2012 “Tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung”. Metode

pelaksanaan yang digunakan dalam tugas akhir ini yaitu metode pelaksanaan pekerjaan balok dan plat yang meliputi tahapan persiapan, pengukuran, pekerjaan bekisting, fabrikasi tulangan, installing tulangan, pengecoran, curing/perawatan dan pembongkaran bekisting.

Dari hasil analisa dan perhitungan struktur dihasilkan tebal pelat lantai 12 cm, tebal pelat bordes dan tangga 15 cm, dimensi balok sekunder 30/45, balok induk 35/65, kolom 60/60, dan tebal dinding geser 30 cm. Untuk hasil dari metode pelaksanaan pekerjaan balok dan pelat dihasilkan durasi waktu untuk pengerjaan 1 zona dengan volume balok $27,2991 \text{ m}^3$ dan pelat sebesar $24,561 \text{ m}^3$ mulai dari pengerjaan pengukuran sampai pembongkaran bekisting adalah 4,31 hari.

Kata Kunci : *Dual System* (SRPMK dan dinding geser), analisis respon spectrum, metode pelaksanaan.

Design Structure Of Holland Park Condotel Batu-Malang Using Dual System Method And Construction Method Of Beam and Plate.

Student Name : Eddo Bagus Ardiansyah
NRP : 3113.04.1016
Departement : Civil Infrastructure Engineering

Supervisor I : Ir. Boedi Wibowo, CES.
NIP : 19530424.198203.002

Supervisor II : Afif Navir Refani ST, MT.
NIP : 19840919.2015041.001

Abstract

Holland Park Condotel building is located in Batu-Malang City with building area of $\pm 953,68 \text{ m}^2$ with height 31,2 m. The building is included in the category of class D seismic design, so the structure analysis is designed using Dual System method (SRPMK and Shearwall), this building is planned according to earthquake design 2500 years with earthquake design using spectrum response analysis referring to SNI 1726-2012 "Earthquake Resistance Planning Procedure for Building Structure And Non Building".

The Holland Park Condotel building in Batu-Malang is planned to use the main structure (main beam, column and shearwall) and secondary structure (plate, stair, secondary beam) using reinforced concrete refers to the standard design rules applicable at Indonesia, which is SNI 2847-2013 "About Structural Concrete Requirements for Building Buildings", SNI 1727-2013

"About Minimum Expenses for Building Design And Other Structures", SNI 1726-2012 "About Procedure of Earthquake Resistance Planning For Building Structure And Building Non Building ". The method used in this final project is the method of performing the work of beams and plates which includes the stages of preparation, measurement, formwork work, reinforcement fabrication, reinforcement installations, casting, curing/ maintenance and demolition formwork.

From the result of structure analysis and calculation obtained 12 cm thickness of floor slab, 15 cm thickness of stair slab, secondary beam dimension 30/45, primary beam dimension 35/65, Column dimension 60/60, and 30 cm thickness of shearwall. For the results of the construction method of beams and plates obtained that duration for 1 zone with the volume of beam 27.2991 m³ and plate of 24.561 m³ starting from marking until demolition formwork is 4.31 days.

Keywords: Dual System (SRPMK and shearwall), spectrum response analysis, construction method.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan hidayahnya yang telah memberi petunjuk dan kekuatan, serta shalawat dan salam tercurah kepada Nabi Muhammad S.A.W. sehingga laporan proyek akhir ini dapat terselesaikan.

Tersusunnya proyek akhir ini juga tidak terlepas dari dukungan dan motivasi dari berbagai pihak yang telah banyak membantu dan memberikan masukan dan arahan. Untuk itu banyak saya ucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua, saudara-saudara tercinta, sebagai semangat dan yang telah banyak memberikan dukungan moril maupun materil, terutama do'a.
2. Bapak Ir. Boedi Wibowo CES, dan Bapak Afif Navir Refani ST. MT, selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan , petunjuk dan motivasi dalam penyusunan proyek akhir ini.
3. Bapak Tatas, ST., MT., selaku wali dosen.
4. Teman-teman terdekat yang memberikan bantuan dan saran selama proses pengerjaan proyek akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Laporan Tugas Akhir Terapan ini masih belum sempurna dan untuk itu segala saran dan kritik maupun masukan yang sifatnya membangun sangat diharapkan demi perbaikan di masa mendatang.

Surabaya, Juni 2017

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR NOTASI	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Umum.....	5
2.2 Referensi.....	5
2.3 Sistem Rangka Pemikul Momen	6
2.4 Sistem Dinding Struktural (SDS).....	6
2.5 Pembebanan.....	7
2.6 Perencanaan struktur sekunder	14
2.6.1 Pelat.....	14
2.6.2 Tangga.....	19
2.7 Perencanaan struktur primer.....	20

2.7.1	Balok.....	20
2.7.2	Kolom.....	30
2.7.3	Dinding Geser.....	36
2.8	Hubungan Balok-Kolom (HBK)	38
BAB III METODE PERENCANAAN.....		39
3.1	Pengumpulan Data dan Studi Literatur.....	40
3.2	Preliminary Design.....	41
3.3	Pembebanan.....	42
3.4	Permodelan Struktur	43
3.5	Penentuan Struktur	43
3.6	Analisa gaya dalam.....	44
3.7	Penulangan Struktur Sekunder dan Primer	44
3.6	Cek persyaratan	44
3.7	Gambar rencana.....	45
BAB IV PRELIMINARY DESIGN		47
4.1	Data – Data Perencanaan Struktur.....	47
4.1.1	Perencanaan Dimensi Sloof dan Balok.....	47
4.1.2	Perencanaan Dimensi Kolom	49
4.1.3	Perencanaan Dimensi Plat	50
4.1.4	Perencanaan Dimensi Dinding Geser	59
4.1.5	Perencanaan Dimensi Tangga	60
BAB V ANALISA PEMBEBANAN		63
5.1	Pembebanan Pelat Lantai dan Pelat Atap	63
5.2	Pembebanan Tangga.....	66

5.3	Pembebanan Dinding	66
5.4	Pembebanan Gempa	67
5.5	Pembebanan Angin.....	72
5.6	Pembebanan Balok Lift.....	78
BAB VI ANALISA PERMODELAN STRUKTUR.....		81
6.1	Permodelan Struktur.....	81
6.1.1	Permodelan Struktur dengan SRPM.....	81
6.1.2	Permodelan Struktur dengan Sistem Ganda (Dual System) 90	
BAB VII PERHITUNGAN STRUKTUR SEKUNDER		103
7.1	Perhitungan Penulangan Plat Lantai.....	103
7.1.1	Perhitungan Penulangan Plat 1 Arah.....	103
7.1.2	Perhitungan Penulangan Plat 2 Arah.....	111
7.2.	Perhitungan Plat Tangga dan Bordes	127
7.2.1	Perhitungan Penulangan Plat Tangga.....	128
7.2.2	Perhitungan Penulangan Plat Bordes.....	131
7.3	Perhitungan Penulangan Balok Bordes	135
7.4	Perhitungan Penulangan Balok Lift.....	149
7.5	Perhitungan Penulangan Balok Anak.....	160
BAB VIII PERHITUNGAN STRUKTUR PRIMER.....		175
8.1	Umum.....	175
8.2	Perhitungan Penulangan Balok Induk	175
8.3	Perhitungan Penulangan Kolom	199
8.4	Desain HBK (Hubungan Balok Kolom).....	210

8.5 Perhitungan Penulangan Shear wall	213
8.5.1 Data Umum Perencanaan Shear wall :	214
8.5.2 Kontrol Ketebalan Terhadap Gaya Geser.....	214
8.5.3 Menentukan Kebutuhan Baja Tulangan Vertikal dan Horisontal Minimum.	215
8.5.4 Kuat Geser Dinding Struktural	216
8.5.5 Perencanaan Dinding Geser Terhadap Kombinasi Aksial dan Lentur.	217
8.5.6 Pemeriksaan Terhadap Syarat Komponen Batas Khusus (Special Boundary Element).....	218
8.5.7 Penentuan Panjang Special Boundary Element.	219
8.5.8 Perhitungan Tulangan Longitudinal dan Transversal pada Daerah Special Boundary Element.	220
8.5.9 Tulangan Confinement Shear Wall.	220
8.6.10 Panjang Penyaluran Tulangan	222
BAB IX METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK DAN PLAT	223
9.1 Metode Pelaksanaan Pekerjaan Balok dan Pelat	223
9.1.1 Rencana Kerja dan Syarat-syarat (RKS)	223
9.1.2 Flowchart Pelaksanaan Pekerjaan Balok dan Pelat. .	223
9.1.3 Pengukuran	224
9.1.4 Pekerjaan Bekisting	224
9.1.5 Fabikasi Tulangan.....	226
9.1.6 Installing Tulangan	226
9.1.7 Pengecoran	227

9.1.8 Curing/Perawatan beton.	230
9.1.9 Pembongkaran Bekisting.....	231
9.1.10 Durasi Waktu.....	231
BAB X PENUTUP.....	237
10.1 Kesimpulan.....	237
10.2 Saran.....	240
DAFTAR PUSTAKA.....	241
LAMPIRAN.....	243

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kategori Resiko Gempa	8
Tabel 2. 2 Faktor Keutamaan Gempa.....	8
Tabel 2. 3 Klasifikasi Situs.....	10
Tabel 2. 5 Koefisien Situs Fa	12
Tabel 2. 4 Koefisien Situs Fv	12
Tabel 2. 6 Kategori Resiko.....	13
Tabel 2. 7 Tebal minimum balok non prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung.	15
Tabel 2. 8 Pelindung Beton Untuk Tulangan	20
Tabel 2. 9 Panjang Penyaluran Batang Ulir dan Kawat Ulir.....	27
Tabel 5. 1 Perhitungan SPT Rata-Rata.....	68
Tabel 5. 2 Koefisien Situs Fa	69
Tabel 5. 3 Koefisien Situs Fv	70
Tabel 5. 4 Respon Spektrum	71
Tabel 6. 1 Nilai Parameter Periode Pendekatan, C_t dan x	85
Tabel 6. 2 Koefisien untuk Batas Atas pada Periode yang Dihitung.....	85
Tabel 6. 3 Modal Load Participation Ratio	86
Tabel 6. 4 Periode Struktur pada Modal di Program SAP 2000 untuk 10 Mode Pertama.	86
Tabel 6. 5 Simpangan Antar Lantai Ijin, Δ_i	88
Tabel 6. 6 Kontrol Simpangan Antar Lantai Portal Gempa Dinamis Arah X.	88
Tabel 6. 7 Kontrol Simpangan Antar Lantai Portal Gempa Dinamis Arah Y	89
Tabel 6. 8 Nilai Parameter Periode Pendekatan, C_t dan x	93

Tabel 6. 9 Koefisien untuk Batas Atas pada Perioda yang Dihitung.....	94
Tabel 6. 10 Modal Load Participation Ratio	94
Tabel 6. 11 Perioda Struktur pada Modal di Program SAP 2000 untuk Mode 10 Pertama.....	95
Tabel 6. 12 Rekapitulasi Nilai Cs.....	96
Tabel 6. 13 Berat Struktur dari Base Reaction Fz untuk Beban Mati, Beban Mati Tambahan dan Beban Hidup	97
Tabel 6. 14 Base Reaction dari Program SAP 2000.....	98
Tabel 6. 15 Base Reaction dari Program SAP 2000 setelah Dikali Faktor Pembesaran.	99
Tabel 6. 16 Simpangan Antar Lantai Ijin, Δ_i	100
Tabel 6. 17 Kontrol Simpangan Antar Lantai Portal Gempa Dinamis Arah X.....	101
Tabel 6. 18 Kontrol Simpangan Antar Lantai Portal Gempa Dinamis Arah Y.....	101
Tabel 6. 19 Total Reaksi Perletakan Penahan Gempa.....	102
Tabel 6. 20 Persentase Gaya Penahan Gempa.....	102
 Tabel 7. 1 Rekapitulasi Tulangan Plat.....	 125
Tabel 7. 2 Rekapitulasi Tulangan Plat.....	126
 Tabel 9. 1 Kebutuhan Volume Tulangan Balok	 232
Tabel 9. 2 Kebutuhan Volume Tulangan Pelat.....	233
Tabel 9. 3 Kebutuhan Volume Bekisting Balok.....	233
Tabel 9. 4 Kebutuhan Volume Bekisting Pelat.	234
Tabel 9. 5 Kebutuhan Volume Beton untuk Balok	234
Tabel 9. 6 Kebutuhan Volume Beton untuk Pelat	235
Tabel 9. 7 Durasi Waktu untuk 1 Zona Pekerjaan Balok dan Pelat	235

Tabel 10. 1 Rekapitulasi Plat Bordes	237
Tabel 10. 2 Rekapitulasi Plat Tangga.....	237
Tabel 10. 3 Rekapitulasi Tulangan Kolom.....	238
Tabel 10. 4 Rekapitulasi Tul. Plat	238
Tabel 10. 5 Rekapitulasi Tul. Plat	239
Tabel 10. 6 Rekapitulasi Tulangan Balok	239
Tabel 10. 7 Rekapitulasi Shearwall.....	239

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Peta respon spektra percepatan 0,2 detik (S_s) di batuan dasar (S_b) untuk probabilitas terampai 2% dalam 50 tahun.....	9
Gambar 2. 2 Peta respon spektra percepatan 1,0 detik (S_1) di batuan dasar (S_b) untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun.....	10
Gambar 2. 3 Dimensi Bidang.....	14
Gambar 2. 4 Gambar Bidang.....	16
Gambar 2. 5 Gaya Lintang Rencana Pada Balok Untuk SRPMK.	24
Gambar 2. 6 Faktor Panjang Efektif.....	32
Gambar 2. 7 Gaya Geser Desain Kolom	34
 Gambar 3. 1 Flowchart Perencanaan Struktur Bangunan.....	 40
 Gambar 5. 1 Grafik Respon Spektrum	 72
 Gambar 6. 1 Alternatif Struktur SRPMK.....	 81
Gambar 6. 2 Input form Mass Source untuk analisa modal pada SAP 2000.....	82
Gambar 6. 3 Form Input Analisa Modal SAP 2000	83
Gambar 6. 5 Input Faktor Skala Gaya pada Arah Y.....	84
Gambar 6. 4 Input Faktor Skala Gaya pada Arah X.....	84
Gambar 6. 6 Denah Rencana Lokasi Shear Wall.	90
Gambar 6. 7 Alternatif Struktur Dual System.	90
Gambar 6. 9 Input Faktor Skala Gaya pada Arah Y.....	92
Gambar 6. 8 Input Faktor Skala Gaya pada Arah X.....	92
Gambar 6. 10 Input Faktor Skala pada Arah Y akibat Faktor Pembesaran.....	99

Gambar 6. 11 Input Faktor Skala Gaya pada Arah X akibat Faktor Pembesaran.....	99
Gambar 7. 1 Tampak Atas Tangga.....	127
Gambar 7. 2 Tampak Samping Tangga.....	127
Gambar 7. 3 Diagram Gaya Geser Balok Bordes.....	140
Gambar 7. 4 Luas Efektif Beton.....	147
Gambar 7. 5 Resume Penulangan Balok Bordes.....	148
Gambar 7. 6 Diagram Gaya Geser Balok Lift.....	154
Gambar 7. 7 Luas Efektif Beton.....	158
Gambar 7. 8 Resume Penulangan Balok Lift.....	159
Gambar 7. 9 Gambar Diagram Gaya Geser Balok Anak.....	165
Gambar 7. 10 Luas Efektif Beton.....	172
Gambar 7. 11 Resume Penulangan Balok Anak.....	173
Gambar 7. 12 Detail Tulangan Kolom	210
Gambar 8. 1 Denah Balok Lantai	175
Gambar 8. 2 Diagram Gaya Geser.....	186
Gambar 8. 3 Resume Penulangan Balok Induk.....	194
Gambar 8. 4 Detail batang tulangan berkait untuk penyaluran kait standart.	197
Gambar 8. 5 Denah Kolom Desain.....	199
Gambar 8. 6 Diagram Interaksi pada pcaColumn	201
Gambar 8. 7 Penampang Blok dan Plat untuk Menentukan Tinggi Efektif.....	202
Gambar 8. 8 Output Diagram Interaksi P-M Kolom Desain dan Kolom Atas.....	204
Gambar 8. 9 Denah ShearWall	213
Gambar 8. 10 Potongan Lokasi ShearWall	214
Gambar 8. 11 Diagram Interaksi Dinding Struktural	218
Gambar 8. 12 Detail Shearwall.....	222

Gambar 9. 1 Flowchart metode pelaksanaan.....	223
Gambar 9. 2 Pengukuran elevasi bekisting.	224
Gambar 9. 3 Bekisting Pelat dan Balok	225
Gambar 9. 4 Scaffolding.....	225
Gambar 9. 5 Installing Tulangan Balok	226
Gambar 9. 6 Installing Tulangan Pelat	227
Gambar 9. 7 Tahapan Pengujian Slump Beton	228
Gambar 9. 8 Benda Uji Silinder	228
Gambar 9. 9 Penuangan Beton ready mix ke concrete Pump ...	229
Gambar 9. 10 Proses Pengecoran	229
Gambar 9. 11 Proses Curing/perawatan Beton.....	230
Gambar 9. 12 Pembongkaran Bekisting.	231
Gambar 9. 13 Tabel Produktivitas Pekerjaan Balok dan Pelat.	231
Gambar 9. 14 Denah Zona Pekerjaan Balok dan Pelat	232

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR NOTASI

A_{cp}	= luas yang dibatasi oleh keliling luar penampang beton (mm^2)
A_l	= luas total tulangan longitudinal yang menahan torsi (mm^2)
A_o	= luas bruto yang dilingkupi oleh jalur alir geser, mm^2
A_{oh}	= luas yang dilingkupi oleh garis pusat tulangan torsi transversal tertutup terluar (mm^2)
A_{sh}	= luas penampang total tulangan transversal (termasuk kait silang) dalam spasi s dan tegak lurus terhadap dimensi bc (mm^2)
A_t	= luas satu kaki sengkang tertutup yang menahan torsi dalam spasi s (mm^2)
A_v	= luas tulangan geser berspasi s (mm^2)
A_v, \min	= luas minimum tulangan geser dalam spasi s (mm^2)
d	= jarak dari serat tekan terjauh ke pusat tulangan tarik longitudinal (mm)
d'	= jarak dari serat tekan terjauh ke pusat tulangan tekan longitudinal (mm)
D	= beban mati, atau momen dan gaya dalam yang terkait
E	= pengaruh gempa, atau momen dan gaya dalam yang terkait
E_c	= modulus elastisitas beton (MPa)
EI	= kekakuan lentur komponen struktur tekan
E_s	= modulus elastisitas tulangan dan baja struktural (MPa)
f_c'	= kekuatan tekan beton yang disyaratkan (MPa)
f_s	= tegangan tarik yang dihitung dalam tulangan saat beban layan (MPa)
f_y	= kekuatan leleh tulangan yang disyaratkan (MPa)
f_{yt}	= kekuatan leleh tulangan transversal yang disyaratkan f_y (MPa)
h	= tebal atau tinggi keseluruhan komponen struktur (mm)

I	= momen inersia penampang terhadap sumbu pusat (mm^4)
I_b	= momen inersia penampang bruto balok terhadap sumbu pusat (mm^4)
l_n	= panjang bentang bersih yang diukur muka ke muka tumpuan (mm)
L	= beban hidup, atau momen dan gaya dalam yang terkait
M_n	= kekuatan lentur nominal pada penampang ($\text{N}\cdot\text{mm}$)
M_{nb}	= kekuatan lentur nominal balok termasuk pelat bilamana tertarik, yang merangka ke dalam joint ($\text{N}\cdot\text{mm}$)
M_{nc}	= kekuatan lentur nominal kolom yang merangka ke dalam joint, yang dihitung untuk gaya aksial terfaktor, konsisten dengan arah gaya lateral yang ditinjau, yang menghasilkan kuat lentur yang terendah ($\text{N}\cdot\text{mm}$)
M_u	= momen terfaktor pada penampang ($\text{N}\cdot\text{mm}$)
n	= jumlah benda
Ph	= keliling garis pusat tulangan torsi transversal tertutup terluar
T_n	= kekuatan momen torsi nominal ($\text{N}\cdot\text{mm}$)
T_u	= momen torsi terfaktor pada penampang ($\text{N}\cdot\text{mm}$)
V_n	= tegangan geser nominal (MPa)
V_c	= kekuatan geser nominal yang disediakan oleh beton (N)
V_n	= kekuatan geser nominal (N)
V_s	= kekuatan geser nominal yang disediakan oleh tulangan geser (N)
V_u	= gaya geser terfaktor pada penampang (N)
β	= rasio dimensi panjang terhadap pendek
ρ	= rasio A_s terhadap bd
ρ_b	= rasio A_s terhadap bd yang menghasilkan kondisi regangan seimbang
ϕ	= faktor reduksi kekuatan
ψ	= Faktor kekangan ujung – ujung kolom
M_{pr}	= Momen Ujung Tumpuan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gedung Holland Park Condotel Batu-Malang merupakan salah satu bangunan yang dibangun untuk memenuhi kebutuhan investasi bagi pemilik dan fasilitas bagi pengunjung. Gedung ini berlokasi di Jl. Panderman Hill Batu-Malang yang dibangun dengan menggunakan sistem beton bertulang pada strukturnya. Dalam perencanaan pembangunan sebuah gedung khususnya gedung bertingkat sendiri, memiliki beberapa metode yang digunakan salah satunya yaitu metode *dual system*.

Metode *dual system* merupakan gabungan antara sistem rangka pemikul momen dengan dinding struktural yang memiliki ciri yaitu rangka ruang yang berupa SRPM berfungsi memikul beban gravitasi, beban lateral ditahan oleh dinding struktural dan SRPM. Salah satu dari tipe SRPM yaitu SRPMK dimana sistem ini dikenakan untuk bangunan dengan KDS D, E, dan F. Sedangkan Dinding struktural juga terdapat beberapa tipe salah satunya yaitu Dinding Struktural Beton Khusus (SDSK) dimana sistem ini harus digunakan untuk struktur bangunan yang dikenakan KDS D, E atau F.

Berdasarkan *SNI 1726-2012* dan Peta *Hazzard* Gempa 2010, data tanah gedung Holland Park Condotel memiliki KDS D sehingga didesain dengan menggunakan metode *dual system* (SRPMK dan dinding geser). Desain gedung ini yang memiliki luas bangunan $\pm 953,68 \text{ m}^2$ dan memiliki lantai semi basement direncanakan dengan perubahan fungsi ruangan pada lantai semi basement sebagai ruang lantai parkir dengan perubahan elevasi yang awalnya -13,60 m menjadi elevasi $\pm 0 \text{ m}$. Dalam perancangan desain gedung ini menggunakan metode *Dual*

System yang diharapkan dapat meminimalkan keruntuhan apabila terjadi gempa.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang ditinjau dalam Desain Struktur Gedung Holland Park Condotel Batu-Malang dengan menggunakan metode Dual System adalah:

1. Bagaimana cara menghitung dan merencanakan preliminari desain struktur bangunan gedung Holland Park Condotel Batu-Malang menggunakan metode *dual system*?
2. Bagaimana cara menentukan letak dinding geser yang efisien?
3. Bagaimana menganalisis beban-beban yang diterima oleh struktur bangunan menggunakan program bantu SAP 2000 ?
4. Bagaimana mengaplikasikan hasil perhitungan dan perencanaan ke dalam gambar teknik ?
5. Bagaimana metode pelaksanaan pekerjaan balok dan plat?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada desain struktur gedung Holland Park Condotel Batu-Malang adalah sebagai berikut :

1. Perhitungan gedung hanya meninjau strukturnya, tidak menghitung anggaran biayanya.
2. Tidak meninjau segi arsitektural.
3. Tidak meninjau pondasi.
4. Perencanaan lantai basement menjadi ± 0 m dengan fungsi sebagai lantai parkir.
5. Tidak memperhitungkan aspek ekonomis dalam preliminari desain.
6. Analisa struktur dibantu dengan menggunakan program SAP 2000 dan PCACOL.
7. Analisis beban gempa dilakukan dengan metode Analisa Beban Respon Spektrum yang berdasarkan *SNI 1726- 2012*.

1.4 Tujuan

Tujuan penyusunan proyek akhir terapan ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat menghitung dan merencanakan preliminari desain struktur bangunan gedung Holland Park Condotel Batu-Malang.
2. Dapat menentukan letak dinding geser yang efisien.
3. Dapat menganalisis beban-beban yang diterima oleh struktur bangunan menggunakan program bantu SAP 2000.
4. Dapat mengaplikasikan hasil perhitungan dan perencanaan ke dalam gambar teknik.
5. Mengetahui metode pelaksanaan balok dan pelat.

1.5 Manfaat

Manfaat dari tugas akhir terapan ini adalah :

1. Mampu merencanakan perhitungan struktur gedung Holland Park Condotel dengan menggunakan metode *Dual System*.
2. Memberikan referensi tentang cara perhitungan struktur gedung bertingkat dengan menggunakan metode *Dual System*.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Pembangunan struktur gedung bertingkat pada daerah dengan resiko gempa tinggi perlu dipertimbangkan adanya gaya lateral yang bekerja terhadap struktur. Untuk itu bangunan direncanakan menggunakan *Dual System* yaitu SRPMK dan *shearwall* karena sistem rangka pemikul momen sekurang-kurangnya memikul 25% dari beban lateral dan sisanya dipikul oleh *shearwall*. Pada bab ini akan dibahas mengenai referensi dan peraturan yang digunakan dalam perhitungan struktur, pembebanan untuk struktur gedung Holland Park Condotel Batu-Malang, perencanaan dimensi, analisa struktur dan perhitungan penulangan struktur.

2.2 Referensi

Tinjauan pustaka ini dijelaskan mengenai teori dan studi pustaka, sebagai tinjauan untuk menyelesaikan perhitungan struktur bangunan Gedung Holand Park Condotel Batu-Malang, mengacu pada peraturan dan referensi buku seperti *SNI 2847-2013* tentang tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung, *SNI 1726-2012* tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung, Peta *Hazard Gempa 2010* tentang acuan dasar perencanaan dan perancangan infrastruktur tahan gempa, dan *SNI 1727-2013* tentang beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain.

Desain struktur bangunan referensi buku yang digunakan adalah Chu-Kia Wang dan Wang G. Salmon Desain Beton bertulang Edisi keempat jilid 1 dan 2, Iswandi Imran dan Fajar Hendrik Perencanaan dan Perancangan Infrastruktur Tahan Gempa Penerbit ITB tahun 2014.

2.3 Sistem Rangka Pemikul Momen

Sistem rangka pemikul momen (SRPM) adalah sistem rangka ruang dimana komponen-komponen struktur balok, kolom, dan join-joinnya menahan gaya-gaya yang bekerja melalui aksi lentur, geser, dan aksial. SRPM dapat dikelompokkan sebagai berikut :

- Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB) : Sistem rangka ini pada dasarnya memiliki tingkat daktilitas terbatas dan hanya cocok digunakan untuk bangunan yang dikenakan maksimal KDS B.
- Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) : Sistem rangka ini pada dasarnya memiliki tingkat daktilitas sedang dan dapat digunakan untuk bangunan yang dikenakan maksimal KDS C.
- Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) : Sistem ini memiliki tingkat daktilitas penuh dan harus digunakan untuk bangunan yang dikenakan KDS D, E, dan F.

2.4 Sistem Dinding Struktural (SDS)

Sistem Dinding Struktural (SDS) adalah dinding yang diproporsikan untuk menahan kombinasi gaya geser, momen, dan gaya aksial yang ditimbulkan gempa. Suatu “dinding geser” (*shearwall*) pada dasarnya merupakan merupakan dinding struktural. Dinding struktural dikelompokkan sebagai berikut :

- Dinding Struktural Beton Biasa (SDSB) : Sistem dinding ini memiliki tingkat daktilitas terbatas dan hanya boleh digunakan untuk struktur bangunan yang dikenakan maksimal KDS C.
- Dinding Struktural Beton Khusus (SDSK) : Sistem ini pada prinsipnya memiliki tingkat daktilitas penuh dan harus digunakan untuk struktur bangunan yang dikenakan KDS D, E, atau F.

2.5 Pembebanan

Dalam perencanaan bangunan ada beberapa jenis beban yang harus ditinjau yaitu:

2.5.1 Beban Mati

Beban Mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktur lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat keran (*SNI 1727-2013, Pasal 3.1.1*).

2.5.2 Beban Hidup

Beban Hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati (*SNI 1727-2013, Pasal 4.1*). Untuk beban hidup gedung ini berdasarkan *SNI 1727-2013* .

2.5.3 Beban Angin

Bangunan dan struktur lain, termasuk Sistem Penahan Beban Angin Utama (SPBAU) dan seluruh komponen dan klading gedung, harus dirancang dan dilaksanakan untuk menahan beban angin seperti yang ditetapkan menurut Pasal 26 sampai Pasal 31. Ketentuan dalam pasal ini mendefinisikan parameter angin dasar untuk digunakan dngan ketentuan lain yang terdapat dalam standar ini (*SNI 1727-2013, Pasal 26.1.1*)

2.5.4 Beban Gempa

a. Gempa Rencana

Berdasarkan *SNI 1726-2012 pasal 4.1.1* Gempa rencana ditetapkan sebagai gempa dengan kemungkinan terlewati besarnya selama umur struktur bangunan 50 tahun adalah sebesar 2 persen (Gempa 2500 tahun).

b. Perhitungan Gempa

1. Menentukan Faktor Keutamaan (I)

Faktor keutamaan gedung ini sesuai *SNI 1726-2012* termasuk kategori resiko II dan berdasarkan table 2.1 didapatkan faktor keutamaan (I_e) = 1

Tabel 2. 1 Kategori Resiko Gempa

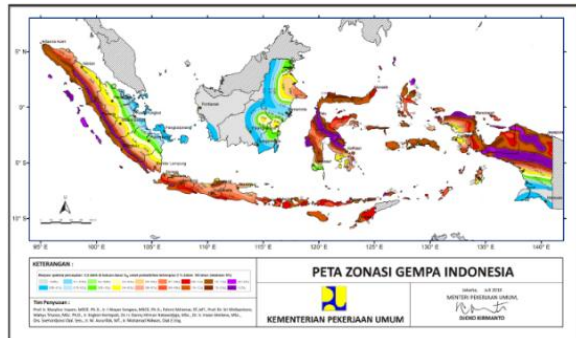
Jenis Pemanfaatan	Kategori Resiko
Semua gedung dan struktur lain ,kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I, III, IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ rumah susun - Pusat perbelanjaan/ mall - Bangunan industry - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	II

Tabel 2. 2 Faktor Keutamaan Gempa

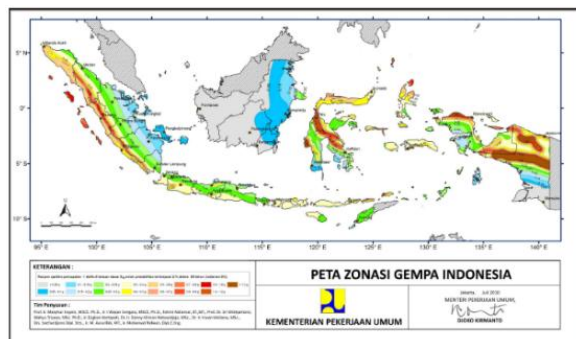
Kategori risiko	Faktor Keutamaan gempa, I_e
I atau II	1
III	1,25
IV	1,5

2. Menghitung parameter percepatan tanah (S_s , S_1)

Percepatan tanah S_s dan S_1 diperoleh berdasarkan peta *Hazard* Gempa Indonesia 2010. Dengan percepatan S_s dan S_1 untuk probabilitas terlampaui 2 % dalam 50 tahun. Berikut penentuan nilai S_s dan S_1 berdasarkan gambar 2.1 dan 2.2 berikut :



Gambar 2. 1 Peta respon spektra percepatan 0,2 detik (S_s) di batuan dasar (S_b) untuk probabilitas terampaui 2% dalam 50 tahun.



Gambar 2. 2 Peta respon spektra percepatan 1,0 detik (S_1) di batuan dasar (S_b) untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun.

3. Menentukan klasifikasi situs

Klasifikasi situs tanah ditentukan berdasarkan *SNI 1726-2012* dengan menggunakan nilai rata-rata SPT (\bar{N}_{SPT}). Berikut rumus perhitungan rata-rata SPT dan klasifikasi situs pada tabel 2.3

$$\bullet \quad \bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n di}{\sum_{i=1}^n ni} \dots \dots \dots (1)$$

Tabel 2. 3 Klasifikasi Situs

Kelas Situs	\bar{v}_s (m/detik)	\bar{N} atau \bar{N}_{ch}	\bar{s}_u (kPa)
SA (batuankeras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (Tanah Sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (Tanah Lunak)	<175	<15	<50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40\%$, 3. Kuat geser niralisir $\bar{s}_u < 25$ kPa		

<p>SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respon spesifik – situs yang mengikuti 6.10.1)</p>	<p>Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan Indeks Plastisitas $PI > 75$) - Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $\bar{s}_u < 50$ kPa
--	--

4. Menentukan factor koefisien situs dan parameter respon (F_a, F_v, S_{ms}, S_{m1}) berdasarkan *SNI 1726-2012*.
- $S_{ms} = F_a \cdot S_s \dots\dots\dots(2)$
 - $S_{m1} = F_v \cdot S_1 \dots\dots\dots(3)$

Dimana nilai F_a dan F_v ditentukan berdasarkan pada tabel 2.4 dan tabel 2.5 sesuai *SNI- 1726-2012*

Tabel 2. 5 Koefisien Situs Fv

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCER) terpetakan pada perioda pendek, T=0,2 detik, Ss				
	Ss ≤0,25	Ss=0,5	Ss=0,75	Ss=1,0	Ss ≥1,25
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1	1	1	1	1
SC	1,2	1,2	1,1	1	1
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	Ss ^b				

Catatan : untuk nilai-nilai antara Ss dapat dilakukan interpolasi

Tabel 2. 4 Koefisien Situs Fa

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCER) terpetakan pada perioda pendek, T= 1 detik, S1				
	S1 ≤0,1	S1=0,2	S1=0,3	S1=0,4	S1 ≥1,25
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1	1	1	1	1
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	Ss ^b				

Catatan : untuk nilai-nilai antara S1 dapat dilakukan interpolasi

5. Menghitung parameter percepatan desai (Sd₁, Sd_s) sesuai SNI 1726-2012 Pasal 6.3

- $Sd_s = \frac{2}{3} Sms$ (4)
- $sd_1 = \frac{2}{3} Sm1$ (5)

6. Menentukan kategori desain seismic (KDS)
 Kategori desain seismic berdasarkan tabel 2.6 sesuai *SNI 1726-2012 pasal 6.5* dibawah ini, digunakan untuk menentukan jenis rangka pemikul momen yang digunakan.

Tabel 2. 6 Kategori Resiko

Nilai Sds	Kategori Resiko	
	I atau II atau III	IV
$Sds < 0,167$	A	A
$0,167 \leq Sds < 0,33$	B	C
$0,33 \leq Sds < 0,50$	C	D
$0,5 \geq Sds$	D	D

7. Menghitung Respon Spektrum Desain
 Berdasarkan *SNI 1726-2012*, kura respon spektrum mengikuti ketentuan dibawah ini :

- Untuk $T < T_0$, Spektrum respons percepatan desain (S_a), harus diambil dari persamaan:
- $S_a = Sds(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0}) \dots\dots\dots(6)$
- Untuk $T \geq T_0$ dan $T \leq T_s$, nilai $S_a = Sds$
- Untuk perioda lebih besar dari T_s , spektrum respons percepatan desain S_a , diambil berdasarkan persamaan:
- $S_a = \frac{S_{d1}}{T} \dots\dots\dots(7)$
- $T_0 = 0,2 \frac{S_{d1}}{S_{ds}} \dots\dots\dots(8)$
- $T_s = \frac{S_{d1}}{S_{ds}} \dots\dots\dots(9)$

2.6 Perencanaan struktur sekunder

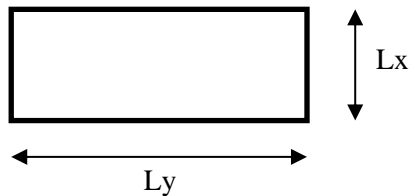
2.6.1 Pelat

2.6.1.1 Perencanaan ketebalan pelat

- Berdasarkan *SNI 2847-2013 pasal 9.5.1*, Komponen struktur beton bertulang yang mengalami lentur harus direncanakan agar mempunyai kekakuan yang cukup untuk membatasi defleksi atau deformasi apapun yang dapat memperlemah kekuatan ataupun mengurangi kemampuan layan struktur pada beban kerja.

- Perencanaan pelat satu arah (one way slab)

Pelat satu arah terjadi apabila $l_y/l_x > 2$; dimana L_x = bentang pendek dan L_y bentang panjang seperti pada gambar 2.3 dibawah ini,



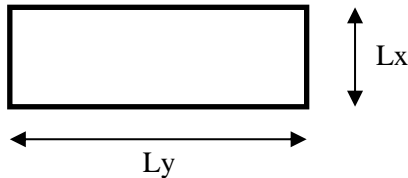
Gambar 2. 3 Dimensi Bidang

Tebal minimum yang ditentukan dalam tabel 2.7 berdasarkan *SNI 2847-2013 pasal 9.5.2.1* dibawah ini, berlaku untuk konstruksi satu arah yang tidak menumpu atau tidak disatukan dengan partisi atau konstruksi lain yang mungkin akan rusak akibat lendutan yang besar, kecuali bila perhitungan lendutan menunjukkan bahwa ketebalan yang lebih kecil dapat digunakan tanpa menimbulkan pengaruh yang merugikan.

Tabel 2. 7 Tebal minimum balok non prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung.

Tebal minimum, h				
Komponen struktur	Tertumpu sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisis atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat masif satu arah	$l/20$	$l/24$	$l/28$	$l/8$
Balok atau pelat rusuk satu arah	$l/16$	$l/18,5$	$l/21$	$l/8$
<p>CATATAN : Panjang bentang dalam mm Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan-tulangan mutu 420 Mpa. a. Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (equilibrium density), W_c diantara 1440 sampai 1840 kg/m³. Nilai tadi harus dikalikan dengan $(1,65 - 0,003 W_c)$ tetapi tidak kurang dari 1,09 Untuk f_y selain 420 Mpa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$</p>				

- Perencanaan pelat dua arah (two way slab)
 Pelat dua arah terjadi apabila $l_y/l_x < 2$; dimana l_x adalah bentang pendek dan l_y adalah bentang panjang, seperti pada gambar 2.4 dibawah ini,



Gambar 2. 4 Gambar Bidang

Tebal pelat minimumnya harus memenuhi ketentuan pada *SNI 2847-2013 pasal 9.5.3.3* dan tidak boleh kurang dari nilai berikut :

- Untuk $\alpha_m \leq 0,2$ menggunakan *pasal 9.5.3(2)*
- Untuk $0,2 < \alpha_m < 2$ ketebalan minimum plat tidak boleh kurang dari :

$$h = \frac{Ln \times \left[0,8 + \frac{f_y}{1400} \right]}{36 + 5\beta(\alpha_m - 0,2)} \dots\dots\dots(10)$$

Dan tidak boleh kurang dari 125 mm

- Untuk $\alpha_m \geq 0,2$ ketebalan pelat harus memenuhi :

$$h = \frac{Ln \times \left[0,8 + \frac{f_y}{1400} \right]}{36 + 9\beta} \dots\dots\dots(11)$$

Dan tidak boleh kurang dari 90 mm.

Untuk nilai α_m didapatkan dari rumus berikut:

Rasio kekakuan balok terhadap plat diatur pada *SNI 03-2847-2013, Pasal 13.3.6*:

$$\alpha = \frac{E_{balok} \cdot I_{balok}}{E_{plat} \cdot I_{plat}} \dots\dots\dots(12)$$

$$\beta = \frac{L_n}{S_n} \dots\dots\dots(13)$$

$$I_{balok} = \frac{1}{12} \times K \times b \times h^3 \dots\dots\dots(14)$$

$$I_{plat} = L_y \times \frac{(h_f)^3}{12} \dots\dots\dots(15)$$

Dimana nilai K adalah:

$$K = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \times \left(\frac{h_f}{h_w}\right) \times \left[4 - 6 \left(\frac{h_f}{h_w}\right) + 4 \left(\frac{h_f}{h_w}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \times \left(\frac{h_f}{h_w}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \times \left(\frac{h_f}{h_w}\right)} \dots\dots\dots(16)$$

Untuk mencari lebar flens pada balok tengah sesuai SNI adalah sebagai berikut:

Nilai be:

$$be = bw + 2(h_w - h_f) \dots\dots\dots(17)$$

$$be = bw + 8h_f \dots\dots\dots(18)$$

Dimana :

l_n = Panjang bentang bersih pada arah memanjang dari konstruksi dua arah, yang diukur dari muka kemuka tumpuan pada pelat tanpa balok

f_y = Tegangan leleh

β = Rasio bentang berih dalam arah memanjang terhadap arah memendek dari pelat

α_m = Nilai rata – rata dari α untuk sebuah balok pada tepi dari semua panel

α = Rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur dari pelat dengan lebar yang dibatasi secara lateral oleh garis panel yang bersebelahan pada tiap sisi balok.

- S_n = Panjang bentang bersih pada arah melintang dari konstruksi dua arah, yang diukur dari muka ke muka tumpuan pada plat tanpa balok
 B = Rasio bentang bersih dalam arah memanjang terhadap arah melintang dari plat
 be = Lebar efektif plat
 bw = Lebar balok
 hf = Tinggi plat
 hw = Tinggi balok

2.6.1.2 Analisa gaya dalam

Perhitungan momen-momen pada pelat menggunakan program bantu SAP 2000.

2.6.1.3 Perhitungan penulangan pelat lantai

1. Perhitungan penulangan pada pelat lantai

- $d = hf - \text{decking} - \frac{1}{2} \varnothing_{tul. utama} \dots \dots \dots (19)$

- $Mn = \frac{Mu}{0,9} \dots \dots \dots (20)$
(SNI 2847-2013, Pasal 22.5.1)

- $Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2} \dots \dots \dots (21)$

- $m = \frac{fy}{0,85 \times fcr} \dots \dots \dots (22)$
(Wang, C. Salmon hal.55 pers 3.8.4.a)

- $P_{perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m Rn}{fy}} \right) \dots \dots \dots (23)$
(Wang, C. Salmon hal.55 pers 3.8.4.a)

- $3\rho_{min} = \frac{1,4}{fy} \dots \dots \dots (25)$
(SNI 2847-2013, Pasal 10.5.1)

- $\rho_{balance} = \frac{0,85 \times \beta_1 \times fcr}{fy} \left(\frac{600}{600 + fy} \right) \dots \dots \dots (26)$
(SNI 2847-2013, Lampiran Pasal B8.4.2)

- $\rho_{max} = 0,75 \times \rho_{balance} \dots \dots \dots (27)$

- $As_{Perlu} = p_{perlu} \times 1000 \times d \dots \dots \dots (28)$

Jika $p \text{ perlu} < p_{\text{min}}$ maka p perlu dinaikkan 30%, sehingga :

$$P_{\text{pakai}} = 1,3 \times p_{\text{perlu}} \dots \dots \dots (29)$$

$$As = p_{\text{perlu}} \times b \times d \dots \dots \dots (30)$$

2. Kontrol Jarak Spasi Tulangan

Berdasarkan *SNI 2847-2013 Pasal 13.3.2*

$$\bullet \quad S_{\text{max}} < 2h \dots \dots \dots (31)$$

Keterangan :

- h = Tinggi pelat
- S_{max} = Jarak maksimum tulangan

2.6.2 Tangga

2.6.2.1 Perencanaan dimensi tangga

Merencanakan dimensi anak tangga dan bordes.

Merencanakan dimensi injakan dan tanjakan dengan persyaratan :

$$0,6 \leq (2t + i) \leq 0,65 \text{ (meter)} \dots \dots \dots (32)$$

Dimana :

t = tanjakan $\leq 25 \text{ cm}$

i = injakan dengan $25 \text{ cm} \leq i \leq 40 \text{ cm}$ dan maksimal sudut tangga 40°

2.6.2.2 Pembebanan tangga

1. Beban Mati

Beban mati pada tangga terdiri dari berat sendiri tangga/bordes, anak tangga, spasi, susunan, dan keramik.

2. Beban Hidup

Beban hidup pada tangga ditentukan berdasarkan *SNI 1727-2013 Pasal 4.5*

2.6.2.3 Penulangan struktur tangga

Penulangan pada pelat anak tangga dan pelat bordes menggunakan perhitungan sesuai dengan perhitungan penulangan pelat.

2.7 Perencanaan struktur primer

2.7.1 Balok

2.7.1.1 Perencanaan dimensi balok

Untuk mnentukan tinggi balok menggunakan SNI 2847 – 2013, Tabel 9.5 (a),

- Komponen struktur balok dua tumpuan sederhana untuk perencanaan tebal minimum (h) menggunakan $L/16$.
- Komponen struktur balok kantilever sederhana untuk perencanaan tebal minimum (h) menggunakan $L/8$.
- Apabila kuat leleh lentur (f_y) selain 420 Mpa, hasil nilai perencanaan tebal minimum (h) harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$.

2.7.1.2 Syarat pelindung beton

Persyaratan pelindung beton cor setempat (non prategang) sesuai dengan SNI 03-2847-2013 Pasal 7.7.1. seperti tabel berikut :

Tabel 2. 8 Pelindung Beton Untuk Tulangan

Keterangan	Tebal selimut Minimum(mm)
a) Beton yang dicor diatas dan selalu berhubungan dengan tanah	75
b) Beton yang berhubungan dengan tanah atau cuaca : Batang D-19 hingga D-57	50 40

Batang D-16, kawat M-16 ulir atau polos, dan yang lebih kecil	
c) Beton yang tidak berhubungan dengan cuaca atau berhubungan dengan tanah :	40
<u>Pelat, dinding, balok usuk :</u>	20
Batang D-44 dan D-57	
Batang D-36 dan yang lebih kecil	40
<u>Balok, kolom :</u>	20
Tulangan utama, pengikat, sengkang, spiral	13
<u>Komponen struktur cangkang, pelat lipat :</u>	
Batang D-19 dan yang lebih besar	
Batang D-16, kawat M-16 ulir atau polos dan yang lebih kecil	

2.7.1.3 Perhitungan momen dan gaya dalam pada balok

Perhitungan Momen pada balok menggunakan program SAP 2000.

2.7.1.4 Perhitungan tulangan

1. Perhitungan Tulangan Lentur

- Menentukan momen tumpuan dan lapangan pada balok yang diperoleh dari output program bantu SAP 2000.
- Merencanakan f_y , f_c' , d , d'
- Menghitung kebutuhan tulangan pada balok (tulangan lentur tunggal):

1. $d = hf - \text{decking} - \frac{1}{2} \varnothing_{\text{tul. utama}} \dots (33)$
2. $Mn = \frac{Mu}{0,9} \dots (34)$
(SNI 2847-2013, Pasal 22.5.1)
3. $Rn = \frac{Mn}{bd^2} \dots (35)$
4. $m = \frac{fy}{0,85 \times f'c} \dots (36)$
(Wang, C. Salmon hal.55 pers 3.8.4.a)
5. $\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m Rn}{fy}} \right) \dots (37)$
(Wang, C. Salmon hal.55 pers 3.8.4.a)
6. $\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{fy} \dots (38)$
(SNI 2847-2013, Pasal 22.5.1)
7. $\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \times \beta \times f'c \left(\frac{600}{600 + fy} \right)}{fy} \dots (39)$
(SNI 2847-2013, Lampiran B8.4.2)
8. $\rho_{\text{max}} = 0,75 \rho_{\text{balance}} \dots (40)$
(SNI 2847-2013, Lampiran B 10.3.3)
9. $As_{\text{perlu}} = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d \dots (41)$

Bila $\rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{max}}$, dimensi balok diperbesar atau menggunakan tulangan rangkap

- Perhitungan Tulangan Lentur Rangkap
 1. Menentukan momen tumpuan dan lapangan pada balok yang diperoleh dari program bantu SAP 2000.
 2. Menghitung Mn
 3. Menghitung Xb (garis netral dalam kondisi balanced)

$$X_b = \frac{600}{600 + f_y} d \dots (42)$$
 4. Menghitung Xr (garis netral rencana)

$$X_r \leq 0,75 X_b \dots (43)$$
 5. Menghitung Asc

$$A_{sc} = \frac{0.85\beta_1 f'_c b X_r}{f_y} \dots\dots\dots(44)$$

6. Menghitung Mnc

$$M_{nc} = A_{sc} f_y \left(d - \frac{\beta_1 X_r}{2} \right) \dots\dots\dots(45)$$

7. Menghitung Mn-Mnc

- Bila $M_n - M_{nc} > 0$ perlu tulangan tekan
- Bila $M_n - M_{nc} < 0$ tidak perlu tulangan tekan

8. Bila memerlukan tulangan tekan, menghitung

$$C_s' = T_2 = \frac{M_n - M_{nc}}{d - d''} \dots\dots\dots(46)$$

9. Menghitung Kondisi tulangan tekan

- $f_s' = \left(1 - \frac{d''}{X_r}\right) 0.003 * E_s \geq f_y \Rightarrow$ tulangan tekan leleh $f_s' = f_y$
- $f_s' = \left(1 - \frac{d''}{X_r}\right) 0.003 * E_s < f_y \Rightarrow$ tulangan tekan tidak leleh $f_s' = f_s'$

10. Menghitung tulangan tekan dan tarik perlu

$$- A_s' = \frac{C_s'}{(f_s' - 0.85 f'_c)} \text{ tulangan tekan, } A_{ss} = \frac{T_2}{f_y} \text{ tulangan tarik}$$

11. Menghitung tulangan perlu

$$- A_s = A_{sc} + A_{ss} \dots\dots\dots(47)$$

$$- A_s = A_s' \dots\dots\dots(48)$$

12. Menghitung kapasitas momen balok

$$M_n = (A_s - A_s') f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right) + A_s' f_y \left(d - t' \right) \dots\dots\dots(49)$$

13. Kontrol jarak antar tulangan.

Berdasarkan *SNI 2847-2013* 7.6.2 jarak antar tulangan tidak boleh $< 25 \text{ mm}$

$$s = \frac{bw - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \phi_{\text{tul.sengakang}}) - (n \times D_{\text{tul.utama}})}{n-1} > 25\text{mm} \dots \dots \dots (50)$$

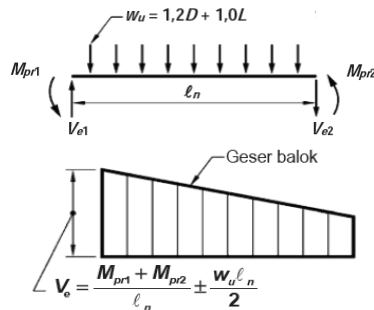
14. Kontrol kekuatan sesuai *SNI 2847-2013, Pasal 22.5.1*
 $\phi M_n \geq M_u \dots \dots \dots (51)$

2. Perhitungan tulangan geser

Gaya geser desain, V_e , harus ditentukan dari peninjauan gaya statis pada bagian komponen struktur antara muka-muka joint. Momen-momen dengan tanda berlawanan dengan kuat lentur maksimum, M_{pr} , harus dianggap bekerja pada muka-muka tumpuan, dan komponen struktur tersebut dibebani dengan beban gravitasi terfaktor disepanjang bentangnya.

Langkah-langkah perencanaan tulangan geser balok :

- Menentukan nilai f_c' , f_y , diameter sengkang, dan V_g
- Menghitung momen tumpuan:



Gambar 2. 5 Gaya Lintang Rencana Pada Balok Untuk SRPMK.

- Momen Tumpuan Kiri

$$M_{pr1} = A_s \times 1,25 \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \dots\dots\dots(52)$$

- Momen Tumpuan Kanan

$$M_{pr2} = A_s \times 1,25 \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \dots\dots\dots(53)$$

- Menghitung reaksi di ujung-ujung balok

$$V_e = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{l_n} \pm \frac{W_u l_n}{2} \dots\dots\dots(54)$$

Dimana :

$$a = \frac{a_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \dots\dots\dots(55)$$

- V_e : gaya geser desain
 M_{pr1} : momen ujung negatif tumpuan kiri
 M_{pr2} : momen ujung negatif tumpuan kanan
 W_u : beban gravitasi (1,2D+1,0 L) yang didapat dari program bantu SAP 2000
 l_n : panjang bentang bersih balok

- c. Menghitung kuat geser rencana (V_s)

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c \dots\dots\dots(56)$$

Dimana :

- $V_c = 0$ (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.4.2)
 V_u = gaya geser beton
 ϕ = factor reduksi (untuk lentur diambil nilai = 0,8)

- d. Perhitungan kondisi geser sebagai berikut :

- Kondisi 1 (tidak memerlukan tulangan geser)
 $V_u \leq 0.5 \phi V_c \dots\dots\dots(57)$

- Kondisi 2 (memerlukan tulangan geser minimum)

$$0.5 \varphi V_c \leq V_u \leq \varphi V_c \dots\dots\dots(58)$$

$$\text{Luas tulangan geser minimum} = A_v = \frac{b_w \times s}{3 f_y}$$

$$\text{Syarat jarak tulangan geser} = S_{\max} \leq \frac{d}{2} \leq 60 \text{ cm}$$

- Kondisi 3 (perlu tulangan geser minimum)

$$\varphi V_c \leq V_u \leq (\varphi V_c + \varphi V_{s_{\min}}) \dots\dots(59)$$

$$\text{Luas tulangan geser minimum} = A_v = \frac{b_w \times s}{3 f_y}$$

$$\text{Syarat jarak tulangan geser} = S_{\max} \leq \frac{d}{2} \leq 60 \text{ cm}$$

- Kondisi 4 (Perlu tulangan geser)

$$(\varphi V_c + \varphi V_{s_{\min}}) \leq V_u \leq \varphi \left(V_c + \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} b_w d \right) \dots\dots\dots(60)$$

$$\text{Beban geser yang harus dipikul oleh tulangan } \varphi V_s \text{ perlu} \\ = V_u - \varphi V_c \dots\dots\dots(61)$$

$$\text{Luas tulangan geser minimum} = A_v = \frac{V_s \times s}{f_y d}$$

$$\text{Syarat jarak tulangan geser} = S_{\max} \leq \frac{d}{2} \leq 60 \text{ cm}$$

- Kondisi 5 (Perlu tulangan geser)

$$\varphi \left(V_c + \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} b_w d \right) \leq V_u \leq \varphi \left(V_c + \frac{2}{3} \sqrt{f_c'} b_w d \right) \dots\dots\dots(62)$$

$$\text{Beban geser yang harus dipikul oleh tulangan } \varphi V_s \text{ perlu} \\ = V_u - \varphi V_c$$

$$\text{Luas tulangan geser minimum} = A_v = \frac{V_s \times s}{f_y d}$$

$$\text{Syarat jarak tulangan geser} = S_{\max} \leq \frac{d}{4} \leq 30 \text{ cm}$$

- Kondisi 6 (Perbesar Penampang)

$$V_s > 2 V_{s \text{ max}} \dots\dots\dots(63)$$

3. Perhitungan tulangan torsi (puntir)

Berdasarkan *SNI 2847-2013, Pasal 11.5.1.a.* pengaruh puntir pada struktur non-prategang dapat diabaikan bila nilai momen puntir terfaktor T_u besarnya kurang dari :

$$\bullet \quad T_u = \phi \times 0,083 \times \lambda \times \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \dots \dots \dots (64)$$

Tulangan yang dibutuhkan untuk menahan puntir (*SNI 2847-2013, Pasal 11.5.3.5*)

$$\bullet \quad \phi T_n \geq T_u \dots \dots \dots (65)$$

Sedangkan tulangan sengkang yang dibutuhkan untuk menahan puntir (*SNI 2847-2013, pasal 11.5.3.6*)

$$\bullet \quad T_n = \frac{2 \times A_o \times A_t \times f_{yt}}{s} \cot \theta \dots \dots \dots (66)$$

Dimana :

T_u = momen puntir terfaktor pada penampang

T_n = kuat momen puntir nominal

A_{cp} = luas yang dibatasi oleh keliling luar penampang beton

P_{cp} = keliling luar penampang beton

4. Perhitungan panjang penyaluran tulangan

Berdasarkan *SNI 2847-2013 Pasal 12.2*

• Panjang penyaluran (l_d), dinyatakan dalam diameter d_b . Nilai l_d tidak boleh kurang dari 300 mm

• Untuk batang ulir atau kawat ulir, nilai l_d/l_b harus diambil sebagai berikut :

Tabel 2. 9 Panjang Penyaluran Batang Ulir dan Kawat Ulir

	Batang D – 19 dan lebih kecil atau kawat ulir	Batang D – 22 atau lebih besar

Spasi bersih batang – batang yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari d_b , dan sengkang atau sengkang ikat yang dipasang disepanjang l_d tidak kurang dari persyaratan minimum atau spasi bersih batang – batang yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari $2d_b$ dan selimut beton bersih tidak kurang dari d_b	$\left(\frac{f_y \cdot \Psi_t \cdot \Psi_o}{2,1 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right) d_b$	$\left(\frac{f_y \cdot \Psi_t \cdot \Psi_o}{1,7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right) d_b$
Kasus – kasus lain	$\left(\frac{f_y \cdot \Psi_t \cdot \Psi_o}{1,4 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right) d_b$	$\left(\frac{f_y \cdot \Psi_t \cdot \Psi_o}{1,1 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right) d_b$

Untuk batang tulangan ulir atau kawat ulir l_d harus sebesar :

$$l_d = \left(\frac{f_y}{1,1 \lambda \sqrt{f_c'}} \frac{\Psi_t \cdot \Psi_e \cdot \Psi_s}{\left(\frac{C_b + K_{tr}}{d_b} \right)} \right) d_b \dots \dots \dots (67)$$

Dimana ruas pengekanan $(C_b + K_{tr}) / d_b$ tidak boleh diambil lebih besar dari 2,5 dan :

$$K_{tr} = \frac{40 A_v}{s_n} \dots \dots \dots (68)$$

Dimana n adalah jumlah batang tulangan atau kawat yang disambung atau disalurkan sepanjang bidang pembelahan. Diizinkan untuk menggunakan $K_{tr} = 0$ sebagai penyederhanaan desain meskipun terdapat tulangan transversal.

2.7.1.5 Ketentuan-Ketentuan Perhitungan Balok Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SNI 2847-2013, Pasal 21.5)

1. Gaya aksial tekan terfaktor pada komponen struktur lentur dibatasi maksimum $0,1A_g f_c'$
2. Bentang bersih komponen struktur tidak boleh kurang dari 4 kali tinggi efektifnya.
3. Perbandingan lebar terhadap tinggi tidak boleh kurang dari 0,3.
4. Lebar komponen tidak boleh :
 - a). Kurang dari 250 mm
 - b). Melebihi lebar komponen struktur pendukung (diukur pada bidang tegak lurus terhadap sumbu longitudinal komponen struktur lentur) ditambah jarak pada tiap sisi komponen struktur pendukung yang tidak melebihi $3/4$ tinggi komponen struktur lentur.
5. Masing-masing luas tulangan atas dan bawah harus lebih besar dari luas tulangan minimum yang dipersyaratkan yaitu $1,4bwd/f_y$, dan rasio tulangan, ρ , tidak boleh melebihi 0,025. Paling sedikit dua batang tulangan harus disediakan menerus pada kedua sisi atas dan bawah.
6. Luas tulang momen positif $\geq 1/2$ Luas tulangan momen pada muka joint , Baik luas tulangan momen negatif /positif $\geq 1/4$ Luas momen maksimum di sepanjang panjang komponen struktur..
7. Kontribusi beton dalam menahan geser, yaitu V_c , harus diambil = 0
8. Sambungan lewatan tulangan lentur diizinkan hanya jika tulangan sengkang atau spiral disediakan sepanjang panjang

sambungan. Spasi tulangan transversal yang melingkupi batang tulangan yang disambung lewatkan tidak boleh melebihi yang lebih kecil dari $d/4$ dan 100 mm. Sambungan lewatkan tidak boleh digunakan:

- (a) Dalam joint;
 - (b) Dalam jarak dua kali tinggi komponen struktur dari muka joint; dan
 - (c) Bila analisis menunjukkan pelelehan lentur diakibatkan oleh perpindahan lateral inelastis rangka.
9. Sengkang tertutup harus dipasang :
- (a) Pada daerah hingga 2 kali tinggi balok diukur dari muka tumpuan.
 - (b) Di sepanjang daerah 2 kali tinggi balok pada kedua sisi dari suatu penampang yang berpotensi membentuk sendi plastis.
10. Sengkang tertutup pertama harus ditempatkan tidak lebih dari 50 mm dari muka komponen struktur penumpu. Spasi sengkang tertutup tidak boleh melebihi yang terkecil dari (a), (b), dan (c):
- (a) $d/4$;
 - (b) Enam kali diameter terkecil batang tulangan memanjang;
 - (c) 150 mm

2.7.2 Kolom

2.7.2.1 Perencanaan dimensi kolom

$$\frac{I_{kolom}}{L_{kolom}} \geq \frac{I_{balok}}{L_{balok}} \dots\dots\dots (69)$$

Dimana:

I_{kolom}	= inersia kolom ($1/12 \times b \times h^3$)
L_{kolom}	= panjang kolom
I_{balok}	= inersia balok ($1/12 \times b \times h^3$)
L_{balok}	= panjang balok

2.7.2.2 Perhitungan penulangan kolom

- Perhitungan tulangan lentur
 1. Menentukan gaya momen dan aksial pada kolom dengan program bantu SAP 2000.
 2. Menghitung nilai factor kekakuan kolom (E_i) berdasarkan *SNI 2847-2013 Pasal 10.10.6.1*

$$E_i = \frac{0.2 E_c I_g + E_s I_s}{1 + \beta d} \dots\dots\dots (70)$$

$$E_i = \frac{0.4 E_c I_g}{1 + \beta d} \dots\dots\dots (71)$$

(dipilih nilai yang terbesar)

Dimana :

E_c = modulus elastisitas beton = $4700\sqrt{f'c}$ MPa

I_g = momen inersia penampang kolom = $1/12 b \cdot h^3$ mm⁴

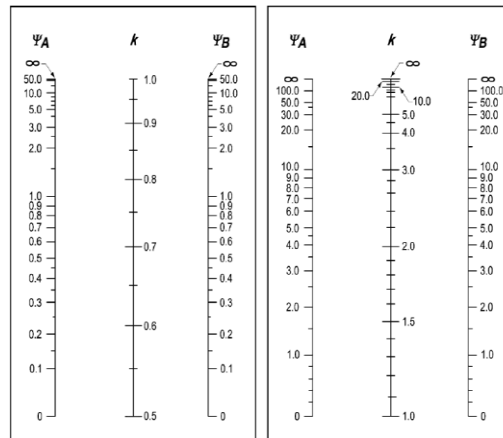
E_s = modulus elastisitas baja = 200.000 MPa

I_{se} = momen inersia tulangan terhadap pusat penampang

B_d = rasio dari beban mati aksial terfaktor maksimum terhadap beban aksial terfaktor maksimum.

3. Menghitung factor kekangan ujung kolom atas dan bawah (ψ_a dan ψ_b) berdasarkan *SNI 2847-2013 Pasal 10.10*.

$$\psi = \frac{\sum \left(\frac{EI}{\lambda} \right)_{\text{kolom}}}{\sum \left(\frac{EI}{\lambda} \right)_{\text{balok}}} \dots\dots\dots (72)$$



Gambar 2. 6 Faktor Panjang Efektif

4. Menghitung factor panjang efektif dengan menggunakan nomogram berdasarkan SNI 2847-2013, Gambar S10.10.1.

ψ = adalah rasio $\sum (EI/L_c)$ komponen struktur tekan terhadap $\sum (EI/L)$ komponen struktur lentur dalam suatu bidang di salah satu ujung komponen struktur tekan

L = panjang bentang komponen struktur lentur yang diukur pusat ke pusat pertemuan (*joint*).

5. Menghitung Kontrol kelangsingan

- (a) Untuk komponen struktur tekan yang tidak dibreising terhadap goyangan menyamping:

$$\frac{k_{lu}}{r} \leq 22 \dots \dots \dots (73)$$

- (b) Untuk komponen struktur tekan yang dibreising terhadap goyangan menyamping :

$$\frac{k_{lu}}{r} \leq 34 - 12 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) \leq 40 \dots \dots \dots (74)$$

Dimana :

$$r = \sqrt{I/A}$$

M_1 = momen terkecil ujung kolom

M2 = momen terbesar ujung kolom

6. Menghitung Beban Kritis (Pc)

Berdasarkan SNI 2847-2013, Pasal 10.10.6

$$P_c = \frac{\pi^2 \times EI_{\text{kolom}}}{(k \times Lu)^2} \dots \dots \dots (75)$$

7. Menghitung Faktor Cm

Berdasarkan SNI 2847-2013, Pasal 10.10.6.4

$$C_m = 0,6 + 0,4 \frac{M_1}{M_2} \dots \dots \dots (76)$$

8. Menghitung Pembesaran Momen

- Pembesaran momen tidak bergoyang

Berdasarkan SNI 2847-2013, Pasal 10.10.6 komponen struktur tekan harus didesain untuk gaya aksial terfaktor Pu dan momen terfaktor yang diperbesar untuk pengaruh kurvatur komponen struktur Mc dimana:

$$M_c = \delta_{ns} M_2 \dots \dots \dots (77)$$

$$\delta_{ns} = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{0,75 \cdot P_c}} \geq 1 \dots \dots \dots (78)$$

- Pembesaran momen bergoyang

Berdasarkan SNI 2847-2013, Pasal 10.10.7-Momen M1 dan M2 di ujung komponen struktur individu harus diambil sebesar:

$$a. \quad M_1 = M_{1ns} + \delta_s M_{1s} \dots \dots \dots (79)$$

$$b. \quad M_2 = M_{2ns} + \delta_s M_{2s} \dots \dots \dots (80)$$

9. Menghitung penulangan lentur kolom

Perhitungan tulangan lentur kolom menggunakan diagram interaksi antara gaya aksial dan momen

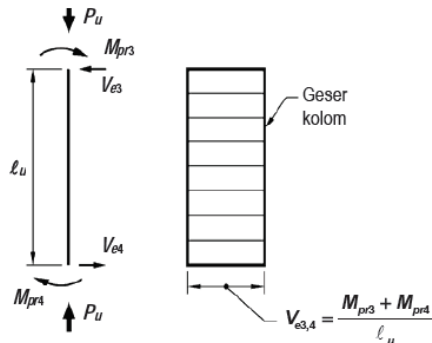
$$- \quad \frac{Nu}{Ag} \text{ dan } \frac{Mu}{Ag \cdot h} \dots \dots \dots (81)$$

10. Melihat ρ_{perlu} didapat dari diagram interaksi.
11. Melihat kebutuhan tulangan $A_s = \rho_{\text{perlu}} \times b \times h$

- **Perhitungan Penulangan Geser**

Langkah-langkah perencanaan tulangan geser kolom adalah sebagai berikut :

1. Menentukan nilai f_c' , f_y , dan diameter sengkang
2. Menghitung momen tumpuan pada kolom



Gambar 2. 7 Gaya Geser Desain Kolom

- Momen tumpuan atas :

$$M_{pr3} = A_s \times 1,25 \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \dots\dots\dots (82)$$

- Momen tumpuan bawah :

$$M_{pr4} = A_s \times 1,25 \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \dots\dots\dots (83)$$

Dimana :

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \dots\dots\dots (84)$$

3. Menghitung reaksi di ujung-ujung kolom

$$V_e = \frac{M_{pr3} + M_{pr4}}{\ell_u} \dots\dots\dots(85)$$

Dimana :

ℓ_u = panjang bentang bersih kolom

4. Menghitung kuat geser rencana

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c \dots\dots\dots(86)$$

Dimana : $V_c = 0$

5. Untuk pengecekan kondisi tulangan geser pada kolom menggunakan prinsip perhitungan sama dengan pada penulangan geser balok.

2.7.2.3 Ketentuan-Ketentuan Perhitungan Kolom Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SNI 2847-2013; Pasal 21.6.1, Pasal 21.6.2.2, Pasal 21.6.4.3)

- (a) Gaya aksial terfaktor maksimum yang bekerja pada kolom harus melebihi **$Agfc'/10$** .
- (b) Sisi terpendek penampang kolom tidak kurang dari 300 mm.
- (c) Rasio dimensi penampang tidak kurang dari 0,4.
- (d) Kuat kolom harus memenuhi **$\sum M_{nc} \geq 1,2 \sum M_{nb}$** .
- (e) Spasi tulangan transversal sepanjang panjang l_o komponen struktur tidak boleh melebihi yang terkecil dari :
 - 1/4 dimensi penampang kolom terkecil.
 - 6 kali diameter tulangan longitudinal.
 - S_o menurut persamaan :

$$S_o \leq 100 + \frac{350 - h_x}{3} \dots\dots\dots(87)$$

Dengan:

- $hx = \frac{2}{3}hc$ = spasi horizontal maksimum kaki-kaki pengikat silang
- Namun tidak boleh melebihi 150 mm, dan tidak perlu lebih kecil dari 100 mm.

2.7.3 Dinding Geser

2.7.3.1 Perencanaan Dimensi Dinding Geser

Berdasarkan *SNI 2847-2013 pasal 14.5.3*, ketebalan dinding penumpu tidak boleh kurang dari:

1. $1/25$ tinggi atau panjang bentang tertumpu, dipilih yang lebih pendek.
2. 100 mm

2.7.3.2 Perhitungan Tulangan Shearwall

Perhitungan tulangan transversal dan longitudinal pada shearwall menggunakan sumber dari buku *Perencanaan Lanjut Struktur Beton Bertulang oleh Iswandi Imran dan Fajar Hendrik*, penerbit ITB tahun 2014, Bandung. Berikut langkah-langkah nya :

1. Periksa apakah dibutuhkan tulangan dua lapis.
Berdasarkan *SNI 2847-2013 Pasal 21.2.2* kebutuhan tulangan vertical dan horizontal dipasang dua lapis apabila :
 $V_u > 0,17Acv\lambda\sqrt{fc'}$(88)
2. Perhitungan kebutuhan baja tulangan longitudinal dan transversal
 - Cek syarat Berdasarkan kebutuhan tulangan *SNI 2847-2013 pasal 21.9.2.1*:
 $\frac{p_l}{p_t} \geq 0,0025$, Spasi arah tulangan ≤ 450 mm
 - Menghitung luas penampang longitudinal dan transversal per meter panjang :
 $A = b_w \times 1m$ (89)

- Menghitung luas kebutuhan tulangan per meter panjang arah longitudinal dan transversal

$$A_s = b_w \times 0,0025 \dots \dots \dots (90)$$

- Menentukan diameter tulangan

Keterangan :

p_l = rasio tulangan longitudinal

p_t = rasio tulangan transversal

b_w = tebal dimensi shearwall

h_w = tinggi total dinding

l_w = panjang dinding

2.7.3.3 Kontrol dimensi penampang terhadap gaya geser

Berdasarkan *SNI 2847-2013 Pasal 21.9.4.4* Kontrol dimensi dinding geser terhadap gaya geser, tidak boleh melebihi :

$$V_n \text{ maks} = 0.083 A_{cv} \sqrt{f_c'} \dots \dots \dots (91)$$

- Untuk perhitungan kontrol

$$V_n = A_{cv} (\alpha \lambda \sqrt{f_c'} + p_t \cdot f_y)$$

$$V_u < \phi V_n$$

Keterangan :

V_u = gaya geser pada penampang dinding

ϕV_n = kuat geser perlu

A_{cv} = luas penampang beton dinding geser

α = koefisien bernilai 0.25 untuk $h_w/l_w \leq 1.5$ dan bernilai 0.17 untuk $h_w/l_w \geq 2.0$

p_t = rasio tulangan transversal terpasang

f_y = tegangan baja

2.7.3.4 Kontrol komponen batas khusus

Menurut *SNI 2847-2013 pasal 21.9.6.3* komponen batas khusus diperlukan apabila kombinasi momen dan gaya aksial terfaktor yang bekerja pada shear wall lebih dari $0.2 f_c'$

$$\frac{M_u y}{I} + \frac{P_u}{A_g} > 0.2 f_c' \dots \dots \dots (92)$$

Dimana :

Pu = gaya aksial pada dinding geser dasar

Mu = Momen pada dinding geser dasar

I = Inersia penampang

Ag = Luas penampang

2.8 Hubungan Balok-Kolom (HBK)

1. Untuk beton berat normal, nilai V_n joint tidak boleh lebih besar dari nilai:
 - Untuk Joint yang terkekang oleh pada empat sisi

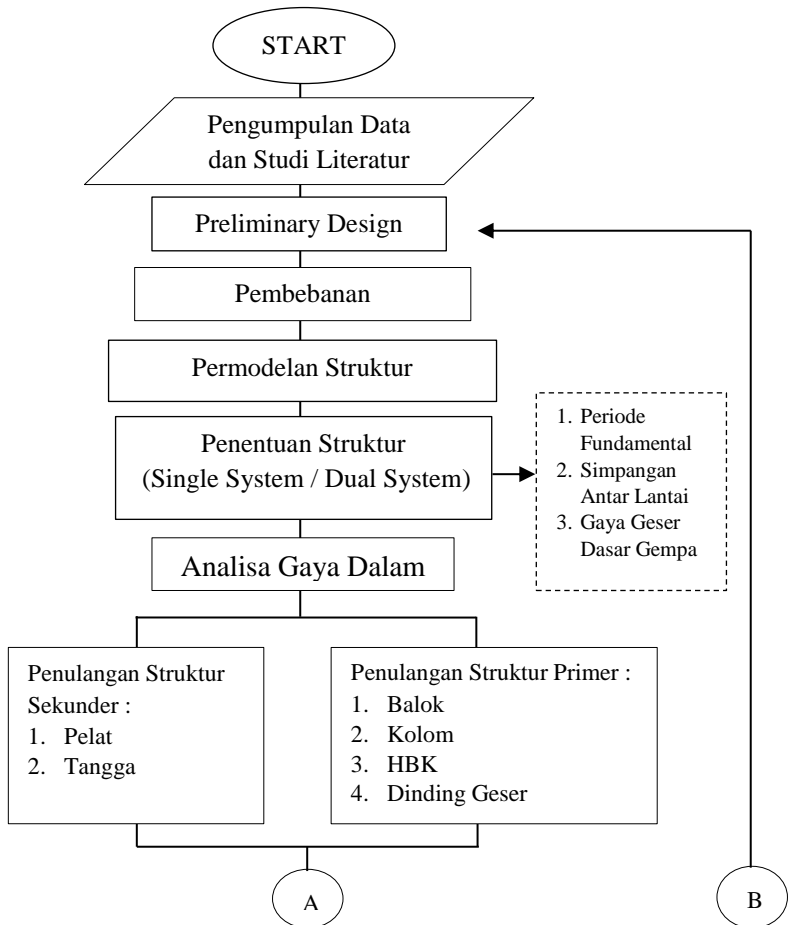
$$1,7\sqrt{f'_c}A_j$$
 - Untuk joint yang terkekang oleh balok pada ketiga sisinya atau pada kedua sisi yang berlawanan

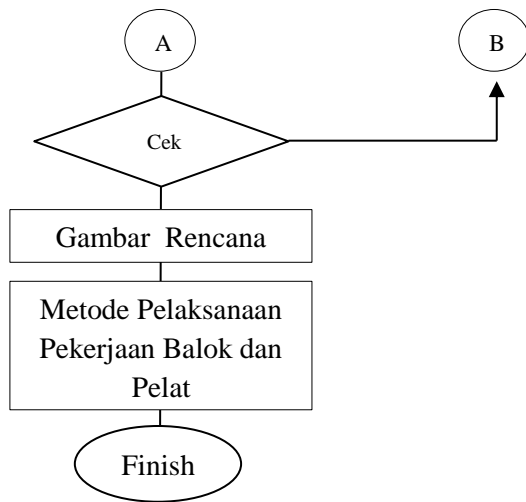
$$1,2\sqrt{f'_c}A_j$$
 - Untuk kasus – kasus lainnya

$$1,0\sqrt{f'_c}A_j$$
2. Ketentuan-ketentuan HBK SRPMK Berdasarkan SNI 2847-2013.
 - *Pasal 21.7.4.1* : Luas efektif balok dinyatakan dalam A_j
 - *Pasal 21.7.2.3* : Panjang join yang diukur paralel terhadap tulangan lentur balok menyebabkan geser di join sedikitnya 20 db longitudinal terbesar.
 - *Pasal 21.7.3.1* : Harus ada tulangan *confinement* dalam join.
 - *Pasal 21.7.3.2* : untuk join interior, jumlah tulangan *confinement* yang dibutuhkan setidaknya setengah tulangan *confinement* yang dibutuhkan di ujung-ujung kolom.

BAB III METODE PERENCANAAN

Langkah-langkah dalam Desain Struktur Gedung Holland Park Condotel Batu – Malang dengan menggunakan metode *Dual System* (SRPMK dan Dinding Geser) adalah sebagai berikut:





Gambar 3. 1 Flowchart Perencanaan Struktur Bangunan.

3.1 Pengumpulan Data dan Studi Literatur

Data-data yang diperlukan dalam perencanaan struktur Bangunan Gedung Holland Park Condotel Batu-Malang :

1. Data Gambar

Gambar rencana yang diperlukan meliputi gambar arsitektur dan dilengkapi dengan gambar struktur bangunan. Data Perencanaan

a. Data Bangunan

- Fungsi Bangunan : Hotel
- Luas Bangunan : $\pm 953,68 \text{ m}^2$
- Tinggi Bangunan : 31,2 m
- Jumlah Lantai : 9 Lantai
- Struktur Bangunan : Beton bertulang
- Struktur Atap : Beton bertulang

b. Data Bahan

- Mutu Beton (f_c') : 35 Mpa
- Mutu Baja tulangan lentur (f_y) : 400 Mpa
- Mutu Baja tulangan geser (f_{yv}) : 400 Mpa

2. Data Tanah

Data tanah yang digunakan adalah data tanah hasil uji SPT (Standart Penetration Test) dari kota Malang.

3. Buku literature yang digunakan dalam perhitungan struktur gedung Holland Park Condotel Batu-Malang antara lain :

- *SNI 2847-2013* Tentang Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung.
- *SNI 1726-2013* Tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung.
- *SNI 1727-2013* Tentang Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung Dan Struktur Lain.
- *Buku Chu-Kia Wang dan Wang G. Salmon* Desain Beton Bertulang Edisi keempat jilid 2.
- *Peta Hazard Gempa 2010* Tentang Acuan Dasar Perencanaan Dan Perancangan Infrastruktur Tahan Gempa.
- *Buku Iswandi Imran dan Fajar Hendrik* Perencanaan Lanjut Struktur Beton Bertulang.

3.2 Preliminary Design

1. Penentuan dimensi balok

Perencanaan dimensi tinggi (h) balok berdasarkan *SNI 2847-2013*, Tabel 9.5 (a),

- a. Dimensi tinggi (h) balok induk

$$H \geq \frac{1}{16} L \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right)$$

Untuk f_y selain 420 Mpa

- b. Dimensi tinggi (h) balok anak

$$H \geq \frac{1}{21} L \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right)$$

Untuk f_y selain 420 Mpa

2. Penentuan dimensi kolom

Untuk menentukan dimensi kolom sebagai berikut :

$$\frac{I_{kolom}}{L_{Kolom}} \geq \frac{I_{balok}}{L_{balok}}$$

Keterangan:

I_{kolom} = Inersia kolom ($1/12 \times b \times h^3$)

L_{kolom} = Tinggi bersih kolom

I_{balok} = Inersia balok ($1/12 \times b \times h^3$)

L_{balok} = Tinggi bersih balok

3. Penentuan dimensi dinding geser

Perencanaan dimensi dinding geser berdasarkan *SNI 2847-2013 Pasal 14.5.3*

4. Penentuan dimensi pelat

a. Perencanaan pelat satu arah sesuai dengan *SNI 2847-2013 Pasal 9.5*

b. Perencanaan pelat dua arah sesuai dengan *SNI 2847-2013 Pasal 9.5*

5. Penentuan dimensi tangga

Penentuan dimensi tangga sesuai dengan persyaratan $0,6 \leq (2t + i) \leq 0,65$ (meter), dimana t = tahanan dan i = injakan.

3.3 Pembebanan

Pembebanan pada gedung Holland Park Condotel dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Pelat Lantai
 - Beban mati
Beban mati terdiri dari beban sendiri pelat lantai, plafond, spesi, keramik, plumbing dan mekanikal elektrikal.
 - Beban hidup
Beban hidup lantai disesuaikan dengan fungsi pada lantai bangunan dengan mengacu pada *SNI 1727-2013*.
2. Pelat Atap
 - Beban mati
Beban mati terdiri dari beban sendiri pelat atap, plafond, aspal, dan instalasi gedung
 - Beban hidup
Beban hidup atap ditentukan berdasarkan *SNI 1727-2013*.
3. Tangga dan Bordes
 - Beban mati
Beban mati teridiri dari berat sendiri tangga/bordes, spesi, susuran tangga, anak tangga, dan keramik.
 - Beban hidup
Beban hidup ditentukan berdasarkan *SNI 1727-2013*.
4. Beban Gempa
Beban gempa menggunakan respon spektrum berdasarkan *SNI 1726-2012*.

Untuk analisis struktur menggunakan program bantu SAP 2000.

3.4 Permodelan Struktur

Melakukan permodelan struktur pada program bantu software SAP 2000 sesuai data yang diperoleh.

3.5 Penentuan Struktur

Penentuan struktur dengan melihat pada hasil periode fundamental, simpangan antar lantai dan gaya geser dasar gempa untuk mengetahui struktur masuk pada single system atau dual system.

3.6 Analisa gaya dalam

Analisa gaya dalam menggunakan program bantu SAP 2000 dan PCACOL. Kombinasi Pembebanan yang digunakan sesuai dengan *SNI 1727-2013*.

3.7 Penulangan Struktur Sekunder dan Primer

Struktur primer dan sekunder di desain sesuai dengan peraturan yang terdapat pada *SNI 1727-2012*. Perhitungan meliputi :

1. Output SAP 2000 yang berupa momen lentur (M), momen torsi (T), gaya aksial (P) dan gaya geser (D).
2. Menghitung kebutuhan tulangan lentur geser, lentur, dan puntir
3. Kontrol perhitungan tulangan.
4. Gambar detail

3.6 Cek persyaratan

1. Pelat
Kontrol jarak spasi tulangan berdasarkan *SNI 2847-2013 Pasal 13.3.2*
2. Balok
Kontrol jarak spasi antar tulangan berdasarkan *SNI 2847-2013 7.6.2*
Kontrol momen terpasang \geq momen yang terjadi sesuai *SNI 2847-2013, Pasal 22.5.1*
Kontrol geser terdiri 5 kondisi.
3. Kolom
Kontrol geser terdiri dari 5 kondisi

4. Dinding geser
Kontrol dimensi penampang terhadap gaya geser berdasarkan *SNI 2847-2013 Pasal 21.9.4*.

3.7 Gambar rencana

1. Gambar Arsitektural
 - Gambar denah balok dan kolom
 - Gambar tampak
2. Gambar potongan
 - Potongan memanjang
 - Potongan melintang
3. Gambar penulangan
 - Gambar penulangan struktur primer (balok, kolom, dan dinding geser)
 - Gambar penulangan struktur sekunder (pelat lantai, pelat atap, tangga).

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

PRELIMINARY DESIGN

4.1 Data – Data Perencanaan Struktur

Bahan yang digunakan untuk struktur gedung ini adalah beton bertulang dengan data-data sebagai berikut:

Type Bangunan	: Hotel
Letak Bangunan	: Jauh dari pantai
Lebar Bangunan	: 12,95 m
Panjang Bangunan	: 77,7 m
Tinggi Bangunan	: 31,2 m
Mutu Beton (f_c')	: 35 Mpa
Mutu Baja (f_y)	: 400 Mpa

4.1.1 Perencanaan Dimensi Sloof dan Balok

Perencanaan dimensi sloof dan balok bertujuan untuk memperkirakan lebar dan tinggi sloof balok. Tebal minimum sloof dan balok (h_{min}) tanpa memperhitungkan lendutan ditentukan berdasarkan SNI 2847-2013 Psl. 9.5.2.2. Tabel 9.5 (a) atau dapat dilihat pada tabel 3.1 dan berdasarkan SNI 2847-2013 Psl. 21.5.1.3 lebar balok tidak boleh kurang dari 25 cm . Lebar balok diestimasikan berkisar antara 1/2 -2/3 tinggi balok.

$$h_{min} = \frac{l}{16}$$

Untuk f_y selain 420 Mpa nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$. Jadi untuk mutu baja 400 Mpa perhitungannya sebagai berikut :

$$h_{min} = \left(\frac{l}{16} \right) \left(0,4 + \left(\frac{f_y}{700} \right) \right)$$

- **Sloof, L = 560 cm**

- a. **Tinggi Sloof (h)**

$$h = \left(\frac{560}{12} \right) \cdot \left(0,4 + \left(\frac{400}{700} \right) \right) \approx 65 \text{ cm}$$

Maka digunakan h untuk balok yaitu 65 cm

- b. **Lebar Sloof (b)**

$$b = \frac{2}{3} \cdot h = \frac{2}{3} \cdot 60 \approx 35 \text{ cm}$$

Maka digunakan b untuk balok yaitu 35 cm

Dimensi balok induk, L= 560 cm digunakan 35/65 cm.

- **Balok Induk, L = 560 cm**

- a. **Tinggi Balok (h)**

$$h = \left(\frac{560}{12} \right) \cdot \left(0,4 + \left(\frac{400}{700} \right) \right) \approx 65 \text{ cm}$$

Maka digunakan h untuk balok yaitu 65 cm

- b. **Lebar balok**

$$b = \frac{2}{3} \cdot h = \frac{2}{3} \cdot 50 \approx 35 \text{ cm}$$

Maka digunakan b untuk balok yaitu 35 cm

Dimensi balok induk, L=560 cm digunakan 35/65 cm.

- **Balok anak, L = 560 cm**

- a. **Tinggi Balok (h)**

$$h = \left(\frac{560}{14} \right) \cdot \left(0,4 + \left(\frac{400}{700} \right) \right) = 39 \text{ cm}$$

Maka digunakan h untuk balok yaitu 45 cm.

b. Lebar balok

$$b = \frac{2}{3} . h = \frac{2}{3} . 40 = 26,67 \text{ cm}$$

Maka digunakan b untuk balok yaitu 30 cm

Dimensi balok anak, L=560 cm digunakan 30/45 cm.

4.1.2 Perencanaan Dimensi Kolom

Dalam perencanaan dimensi kolom terdapat data-data perencanaan, gambar denah perencanaan, perhitungan perencanaan dan gambar hasil perencanaan dimensi kolom dalam perencanaan struktur gedung Holland park Condotel Batu-Malang adalah sebagai berikut :

a. Data-data Perencanaan :

- Tipe kolom : K1
- Tinggi kolom (h_{kolom}) : 340 cm
- Bentang balok (L_{balok}) : 560 cm
- Tinggi balok (h_{balok}) : 65 cm
- Lebar balok (b_{balok}) : 35 cm

b. Perhitungan Perencanaan :

$$\frac{\frac{1}{12} \times b_k \times h_k^3}{h_{\text{kolom}}} \geq \frac{\frac{1}{12} \times b_b \times h_b^3}{L_{\text{balok}}}$$

Dimana $h_k = b_k$

$$\frac{\frac{1}{12} \times h_k^4}{340} \geq \frac{\frac{1}{12} \times 35 \times 65^3}{560}$$

$$h \approx 40,37 \text{ cm}$$

$$h \approx 60 \text{ cm}$$

$$h = b = 60 \text{ cm}$$

Maka direncanakan dimensi kolom dengan ukuran 60/60.

4.1.3 Perencanaan Dimensi Plat

Dalam perencanaan dimensi pelat terdapat data-data perencanaan, gambar denah perencanaan dan perhitungan perencanaan dalam perencanaan struktur gedung Holand Park Condotel Batu-Malang adalah sebagai berikut :

a. Data-data Perencanaan :

- Tipe pelat : A
- Kuat tekan beton (f_c') : 35 Mpa
- Kuat leleh tulangan (f_y) : 400 Mpa
- Rencana tebal pelat : 12 cm
- Bentang pelat sumbu panjang (L_y) : 365 cm
- Bentang pelat sumbu pendek (L_x) : 275 cm
- Dimensi balok as 1 (A'-D') : 35/65
- Dimensi balok as 2' (A'-D') : 30/45
- Dimesnsi balok as D (1-2') : 35/65
- Dimesnsi balok as A' (1-2') : 30/45

b. Perhitungan Perencanaan :

- Bentang bersih pelat sumbu panjang (l_n)

$$L_y : 365 \text{ cm}$$

$$b \text{ balok as 3 (E'-D')} : 35 \text{ cm}$$

$$b \text{ balok as 2' (E'-D')} : 30 \text{ cm}$$

$$L_n = L_y - \left(\frac{b \text{ balok as 1 (A'-D')} + b \text{ balok as 2' (A'-D')}}{2} \right)$$

$$L_n = 365 - \left(\frac{35 + 30}{2} \right)$$

$$L_n = 332,5 \text{ cm}$$

- Bentang bersih pelat sumbu pendek (S_n)
 - L_x : 275 cm
 - b balok as E' (2'-3) : 30 cm
 - b balok as D' (2'-3) : 35 cm
$$S_n = L_x - \left(\frac{b \text{ balok as 1 (A'-D')} + b \text{ balok as 2 (A'-D')}}{2} \right)$$

$$S_n = 275 - \left(\frac{35 + 30}{2} \right)$$

$$S_n = 242,5 \text{ cm}$$

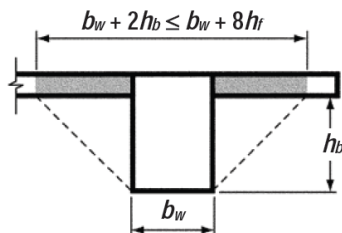
- Rasio bentang bersih dalam arah memanjang terhadap arah memendek

$$\beta = \frac{L_n}{S_n}$$

$$\beta = \frac{332,5}{242,5}$$

$$\beta = 1,37 < 2 \text{ Two way slab (Pelat dua arah)}$$

- Rasio kekakuan (α) tiap balok terhadap pelat
- Tinjauan balok as E' (1-2')



- lebar efektif pelat
 - $b_e = b_w + 2h_w$
 - $b_e = 30 + 2(45 - 12)$

$$b_e = 96 \text{ cm}$$

$$b_e = b_w + 8h_f$$

$$b_e = 30 + 8 \cdot 12$$

$$b_e = 126 \text{ cm}$$

Maka yang digunakan nilai b_e terkecil yaitu 86 cm

- Faktor modifikasi (k)

Desain Beton Bertulang Edisi keempat jilid 2 (Chu-Kia Wang dan Wang G. Salmon 16.4.2.b)

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right) \times \left[4 - 6 \left(\frac{t}{h}\right) + 4 \left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{86}{30} - 1\right) \times \left(\frac{12}{45}\right) \times \left[4 - 6 \left(\frac{12}{45}\right) + 4 \left(\frac{12}{45}\right)^2 + \left(\frac{86}{30} - 1\right) \times \left(\frac{12}{45}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{86}{30} - 1\right) \times \left(\frac{12}{45}\right)}$$

$$k = 1,64$$

- Momen Inersia penampang T (I_b)

$$I_b = K \cdot \frac{b_w \cdot h^3}{12}$$

$$I_b = 1,64 \cdot \frac{30 \cdot 45^3}{12}$$

$$I_b = 373212,7 \text{ cm}^4$$

- Momen Inersia lajur (I_p)

$$I_p = \frac{b_p \cdot t^3}{12}$$

$$I_p = \frac{\{0,5(2,75+2,75)\}.t^3}{12}$$

$$I_b = 39600 \text{ cm}^4$$

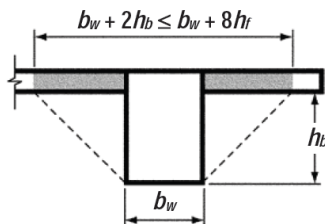
- Rasio kekakuan balok terhadap pelat

$$\alpha_1 = \frac{I_b}{I_p}$$

$$\alpha_1 = \frac{373212,7 \text{ cm}^4}{39600 \text{ cm}^4}$$

$$\alpha_1 = 9,42$$

- Tinjauan balok as D'(2'-3)



- lebar efektif pelat

$$b_e = b_w + 2h_w$$

$$b_e = 35 + 2(65 - 12)$$

$$b_e = 141 \text{ cm}$$

$$b_e = b_w + 8h_f$$

$$b_e = 35 + 8 \cdot 12$$

$$b_e = 131 \text{ cm}$$

Maka yang digunakan nilai b_e terkecil yaitu 131 cm

- Faktor modifikasi (k)

Desain Beton Bertulang Edisi keempat jilid 2 (Chu-Kia Wang dan Wang G. Salmon 16.4.2.b)

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right) \times \left[4 - 6 \left(\frac{t}{h}\right) + 4 \left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{131}{35} - 1\right) \times \left(\frac{12}{65}\right) \times \left[4 - 6 \left(\frac{12}{65}\right) + 4 \left(\frac{12}{65}\right)^2 + \left(\frac{131}{35} - 1\right) \times \left(\frac{12}{65}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{131}{35} - 1\right) \times \left(\frac{12}{65}\right)}$$

$$k = 1,69$$

- Momen Inersia penampang T (I_b)

$$I_b = K \cdot \frac{b_w \cdot h^3}{12}$$

$$I_b = 1,69 \cdot \frac{35 \cdot 65^3}{12}$$

$$I_b = 1351860 \text{ cm}^4$$

- Momen Inersia lajur (I_p)

$$I_p = \frac{b_p \cdot t^3}{12}$$

$$I_p = \frac{\{0,5(1,95+2,75)\} \cdot 12^3}{12}$$

$$I_p = 33840 \text{ cm}^4$$

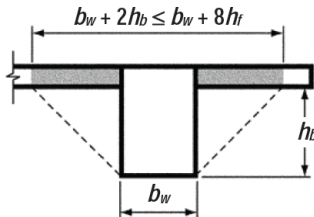
- Rasio kekakuan balok terhadap pelat

$$\alpha_2 = \frac{I_b}{I_p}$$

$$\alpha_2 = \frac{1351860 \text{ cm}^4}{33840 \text{ cm}^4}$$

$$\alpha_2 = 39,95$$

- Tinjauan balok as 3' (E'-D')



- lebar efektif pelat
 $b_e = b_w + 2h_w$
 $b_e = 30 + 2(45 - 12)$
 $b_e = 96 \text{ cm}$

$$b_e = b_w + 8h_f$$

$$b_e = 30 + 8 \cdot 12$$

$$b_e = 126 \text{ cm}$$

Maka yang digunakan nilai b_e terkecil yaitu 96 cm

- Faktor modifikasi (k)

Desain Beton Bertulang Edisi keempat jilid 2 (Chu-Kia Wang dan Wang G. Salmon 16.4.2.b)

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right) \times \left[4 - 6 \left(\frac{t}{h}\right) + 4 \left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{86}{30} - 1\right) \times \left(\frac{12}{45}\right) \times \left[4 - 6 \left(\frac{12}{45}\right) + 4 \left(\frac{12}{45}\right)^2 + \left(\frac{86}{30} - 1\right) \times \left(\frac{12}{45}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{86}{30} - 1\right) \times \left(\frac{12}{45}\right)}$$

$$k = 1,64$$

- Momen Inersia penampang T (I_b)

$$I_b = K \cdot \frac{b_w \cdot h^3}{12}$$

$$I_b = 1,64 \cdot \frac{30,45^3}{12}$$

$$I_b = 373212,7 \text{ cm}^4$$

- Momen Inersia lajur (I_p)

$$I_p = \frac{b_p \cdot t^3}{12}$$

$$I_p = \frac{\{0,5(3,65+3,65)\} \cdot t^3}{12}$$

$$I_p = 52560 \text{ cm}^4$$

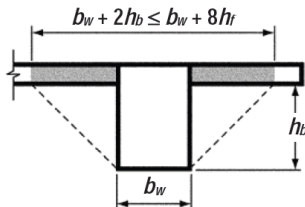
- Rasio kekakuan balok terhadap pelat

$$\alpha_3 = \frac{I_b}{I_p}$$

$$\alpha_3 = \frac{373212,7 \text{ cm}^4}{52560 \text{ cm}^4}$$

$$\alpha_3 = 7,10$$

- Tinjauan balok as 2'(E-D')



- lebar efektif pelat

$$b_e = b_w + 2h_w$$

$$b_e = 35 + 2(65 - 12)$$

$$b_e = 141 \text{ cm}$$

$$b_e = b_w + 8h_f$$

$$b_e = 35 + 8 \cdot 12$$

$$b_e = 131 \text{ cm}$$

Maka yang digunakan nilai b_e terkecil yaitu 131 cm

- Faktor modifikasi (k)

Desain Beton Bertulang Edisi keempat jilid 2 (Chu-Kia Wang dan Wang G. Salmon 16.4.2.b)

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right) \times \left[4 - 6 \left(\frac{t}{h}\right) + 4 \left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{131}{35} - 1\right) \times \left(\frac{12}{65}\right) \times \left[4 - 6 \left(\frac{12}{65}\right) + 4 \left(\frac{12}{65}\right)^2 + \left(\frac{131}{35} - 1\right) \times \left(\frac{12}{65}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{131}{65} - 1\right) \times \left(\frac{12}{65}\right)}$$

$$k = 1,69$$

- Momen Inersia penampang T (I_b)

$$I_b = K \cdot \frac{b_w \cdot h^3}{12}$$

$$I_b = 1,69 \cdot \frac{35 \cdot 65^3}{12}$$

$$I_b = 1351860 \text{ cm}^4$$

- Momen Inersia lajur (I_p)

$$I_p = \frac{b_p \cdot t^3}{12}$$

$$I_p = \frac{\{0,5(3,65+1,95)\} \cdot 12^3}{12}$$

$$I_p = 40320 \text{ cm}^4$$

- Rasio kekakuan balok terhadap pelat

$$\alpha_4 = \frac{I_b}{I_p}$$

$$\alpha_4 = \frac{1351860 \text{ cm}^4}{40320 \text{ cm}^4}$$

$$\alpha_4 = 33,53$$

Dari perhitungan diatas didapatkan,

$$\alpha = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}{4}$$

$$\alpha = \frac{7,101 + 39,95 + 9,42 + 33,53}{4}$$

$$\alpha = 22,50$$

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 9.5.3.3 (c) Untuk α_m lebih besar dari 2, ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari persamaan berikut

$$h = \frac{l_n + \left[0,8 + \frac{f_y}{1400} \right]}{36 + 9\beta}$$

dan tidak boleh kurang dari 90 mm sehingga,

$$h = \frac{332,5 + \left[0,8 + \frac{400}{1400} \right]}{36 + 9 \cdot 1,37} > 9 \text{ cm}$$

$$h = 7,47 \text{ cm} < 9 \text{ cm}$$

Maka dimensi pelat lantai yang digunakan adalah 120 cm.

4.1.4 Perencanaan Dimensi Dinding Geser

Menurut SNI 03-2847-2013 Pasal 16.5.3.1, ketebalan dinding pendukung tidak boleh kurang dari $1/25$ tinggi atau panjang bagian dinding secara lateral, diambil yang terkecil dan tidak kurang dari 100 mm.

Direncanakan :

Tebal dinding geser = 30 cm

Panjang bentang = 5,5 m

Tinggi perlantai = 3,4 m dan 3,6 m

Syarat :

$$30 \text{ cm} > \frac{H}{25} = \frac{340 \text{ cm}}{25} = 13,6 \text{ cm}$$

$$30 \text{ cm} > \frac{H}{25} = \frac{360 \text{ cm}}{25} = 14,4 \text{ cm}$$

$$30 \text{ cm} > \frac{H}{25} = \frac{550 \text{ cm}}{25} = 22 \text{ cm}$$

Tebal dinding geser tidak boleh kurang dari 100 mm

Jadi tebal dinding geser sebesar 30 cm dapat digunakan untuk dinding struktural.

4.1.5 Perencanaan Dimensi Tangga

Dalam perencanaan dimensi tangga terdapat data-data perencanaan, gambar denah perencanaan dan perhitungan perencanaan dalam perencanaan struktur gedung Holland Park Condotel Batu-Malang adalah sebagai berikut :

a. Data-data perencanaan :

- Tangga Tipe : 1

- Kuat tekan beton (f_c') : 35 Mpa
- Kuat leleh tulangan (f_y) : 400 Mpa
- Tebal Pelat : 15 cm
- Diameter tulangan lentur : 13 mm
- Tebal selimut beton : 30 cm
- Lebar injakan (i) : 30 cm
- Tinggi injakan (t) : 17 cm
- Tinggi tangga : 340 cm
- Tinggi bordes : 170 cm
- Panjang datar tangga : 300 cm

b. Perhitungan Perencanaan :

- Panjang miring tangga

$$\begin{aligned}
 L &= \sqrt{\text{Tinggi bordes}^2 + \text{Panjang tangga}^2} \\
 &= \sqrt{170^2 + 300^2} \\
 &= 344,82 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

- Jumlah tanjakan

$$\begin{aligned}
 nt &= \frac{\text{tinggi bordes}}{\text{tinggi tanjakan}} \\
 nt &= \frac{170}{17} \\
 nt &= 10 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

- Jumlah injakan

$$\begin{aligned}
 ni &= nt - 1 \\
 ni &= 10 - 1 \\
 ni &= 9 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

- Sudut kemiringan

$$\alpha = \arctan \frac{t}{i}$$

$$\alpha = \arctan \frac{17}{30}$$

$$\alpha = 29,54^{\circ}$$

- Syarat sudut kemiringan

$$25^{\circ} \leq \alpha \leq 40^{\circ}$$

$$25^{\circ} \leq 29,54^{\circ} \leq 40^{\circ} \text{ (memenuhi)}$$

- Tebal efektif pelat tangga

$$Luas \Delta 1 = 0,5 \cdot i \cdot t = 0,5 \cdot 17 \text{ cm} \cdot 30 \text{ cm} = 255 \text{ cm}$$

$$Luas \Delta 2 = 0,5 \cdot \sqrt{i^2 + t^2} = 0,5 \cdot \sqrt{30^2 + 17^2} d = 17,241 d$$

$$\text{Persamaan luas } \Delta 1 = \text{Luas } \Delta 2$$

$$255 \text{ cm} = 17,241 d$$

$$d = 14,8 \text{ cm}$$

$$0,5 d = 7,40 \text{ cm}$$

$$\text{Tinggi efektif Pelat Tangga} = 15 \text{ cm} + 7,40 \text{ cm} = 22,40 \text{ cm}.$$

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

ANALISA PEMBEBANAN

Pada elemen struktur gedung dikenai beban gravitasi, beban gravitasi yang terjadi mengacu pada peraturan SNI 1727-2013, ASCE 7-2002, dan brosur material yang ada pada saat ini. Adapun beban gravitasi yang terjadi akan diterapkan pada perhitungan dan program bantu SAP 2000.

5.1 Pembebanan Pelat Lantai dan Pelat Atap

- Pembebanan Pelat Lantai

Beban mati :

Berat sendiri pelat (12 cm)	= 2,822kN/m ²
Beban keramik + spesi	= 1,1 kN/m ²
Beban ducting mekanikal	= 0,19 kN/m ²
Beban penggantung langit-langit	= 0,1 kN/m ²
Beban plafond	<u>= 0,05 kN/m² +</u>
Total beban mati pelat	= 4,26 kN/m ²

- Pembebanan Pelat Atap

Berat sendiri pelat (12 cm)	= 2,822 kN/m ²
Lapisan waterproofing	= 0,05 kN/m ²
Beban ducting mekanikal	= 0,191 kN/m ²
Beban penggantung langit-langit	= 0,1 kN/m ²
Beban plafond	<u>= 0,05 kN/m² +</u>
Total beban mati	= 0,391 kN/m ²

- Beban Hidup pelat lantai sesuai SNI 1727-2013 :

Beban Hidup Lantai LG 5:

Lantai Parkir	= 1,92 kN/m ²
---------------	--------------------------

Beban hidup lantai LG. 3 :

Koridor lantai 1	= 4,79 kN/m ²
Ruang Hunian	= 1,92 kN/m ²
Ruang Panel	= 4,79 kN/m ²
House Keeping	= 1,92 kN/m ²

Beban hidup lantai LG. 2 :

Lantai Koridor	= 4,79 kN/m ²
Ruang Hunian	= 1,92 kN/m ²
Ruang Panel	= 4,79 kN/m ²
House Keeping	= 1,92 kN/m ²

Beban hidup lantai LG. 1 :

Lantai Koridor	= 4,79 kN/m ²
Ruang Hunian	= 1,92 kN/m ²
Ruang Panel	= 4,79 kN/m ²
House Keeping	= 1,92 kN/m ²

Beban hidup lantai Lobby :

Lantai Lobby	= 4,79 kN/m ²
Ruang Hunian	= 1,92 kN/m ²
Ruang Panel	= 4,79 kN/m ²
House Keeping	= 1,92 kN/m ²

Beban hidup lantai 1 :

Lantai Koridor	= 4,79 kN/m ²
Ruang Hunian	= 1,92 kN/m ²
Ruang Panel	= 4,79 kN/m ²
House Keeping	= 1,92 kN/m ²

Beban hidup lantai 2 :

Lantai Koridor	= 4,79 kN/m ²
Ruang Hunian	= 1,92 kN/m ²

Ruang Panel	= 4,79 kN/m ²
House Keeping	= 1,92 kN/m ²
Balkon	= 4,79 kN/m ²

Beban hidup lantai 3	:
Lantai Koridor	= 4,79 kN/m ²
Ruang Hunian	= 1,92 kN/m ²
Ruang Panel	= 4,79 kN/m ²
House Keeping	= 1,92 kN/m ²
Balkon	= 4,79 kN/m ²

Beban hidup lantai mezanin	:
Lantai Koridor	= 4,79 kN/m ²
Ruang Hunian	= 1,92 kN/m ²

Beban hidup lantai atap :	
Plat atap	= 0,96 kN/m ²

Beban hujan pada lantai atap

$$R = 0,0098 (d_s + d_h)$$

$$R = 0,0098 (10 + 20)$$

$$R = 0,294 \text{ kN/m}^2$$

5.2 Pembebanan Tangga

- Pembebanan Plat Tangga

Beban mati :

$$\text{Berat sendri} = \frac{t_{\text{pelat efektif}}}{\cos \alpha} \times 23,52 \text{ kN/m}^2 = 5,27 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Beban keramik + spesi} = 1,1 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Beban pengaman tangga} = 1,11 \text{ kN} \times A_{\text{tangga}} = 0,23 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Beban susuran tangga} = 0,89 \text{ kN} \times A_{\text{tangga}} = \underline{0,19 \text{ kN/m}^2}$$

$$\text{Berat Total} = 6,79 \text{ kN/m}^2$$

Beban Hidup :

Beban hidup tangga = 4,79 kN

- Plat Bordes

Beban mati :

Berat sendiri = $0,15 \text{ m} \times 23,52 \text{ kN/m}^2 = 3,528 \text{ kN/m}^2$

Berat Keramik + spesi = $1,1 \text{ kN/m}^2$

Berat Total = $4,63 \text{ kN/m}^2$

Beban hidup :

Beban hidup bordes = 4,79 kN

5.3 Pembebanan Dinding

Untuk pembebanan dinding sumber yang digunakan diperoleh dari brosur, berikut perhitungannya :

Berat siticon = $0,75 \text{ kN/m}^2$

Berat plesteran D200 = $0,20 \text{ kN/m}^2$

Acian NP S450 = $0,03 \text{ kN/m}^2$ +

Total beban dinding = $0,98 \text{ kN/m}^2$

Perhitungan :

- Berat merata Lantai LG 5 = $H1 \times \text{Total beban dinding}$
 $= 3,4 \text{ m} \times 0,98 \text{ kN/m}^2$
 $= 3,332 \text{ kN/m}^2$

- Berat merata Lantai LG 3 = $H2 \times \text{Total beban dinding}$
 $= 3,4 \text{ m} \times 0,98 \text{ kN/m}^2$
 $= 3,332 \text{ kN/m}^2$

- Berat merata Lantai LG 2 = $H2 \times \text{Total beban dinding}$
 $= 3,4 \text{ m} \times 0,98 \text{ kN/m}^2$
 $= 3,332 \text{ kN/m}^2$

- Berat merata Lt LG 1 = $H3 \times \text{Total beban dinding}$
 $= 3,4 \text{ m} \times 0,98 \text{ kN/m}^2$

- $$= 3,332 \text{ kN/m}^2$$
- Berat merata Lt Lobby $= H4 \times \text{Total beban dinding}$
 $= 3,4 \text{ m} \times 0,98 \text{ kN/m}^2$
 $= 3,332 \text{ kN/m}^2$
- Berat merata Lantai 1 $= H5 \times \text{Total beban dinding}$
 $= 3,4 \text{ m} \times 0,98 \text{ kN/m}^2$
 $= 3,332 \text{ kN/m}^2$
- Berat merata Lantai 2 $= H6 \times \text{Total beban dinding}$
 $= 3,6 \text{ m} \times 0,98 \text{ kN/m}^2$
 $= 3,528 \text{ kN/m}^2$
- Berat merata Lantai 3 $= H7 \times \text{Total beban dinding}$
 $= 3,6 \text{ m} \times 0,98 \text{ kN/m}^2$
 $= 3,528 \text{ kN/m}^2$
- Berat merata Mezanin $= H7 \times \text{Total beban dinding}$
 $= 3,6 \text{ m} \times 0,98 \text{ kN/m}^2$
 $= 3,528 \text{ kN/m}^2$

5.4 Pembebanan Gempa

Ketentuan-ketentuan untuk perencanaan gempa pada struktur gedung Holland Park Condotel Batu-Malang mengacu pada SNI 1726 - 2012. Pada struktur gedung Holland Park Condotel yang berfungsi sebagai hotel termasuk dalam kategori resiko 2 (Tabel 1, SNI 1726-2012) dan memiliki faktor keutamaan gempa $I_e = 1$ (SNI 03-1726-2012) . Gedung Holland Park Condotel akan dibangun dengan kondisi tanah keras berdasarkan data tanah yang telah ditentukan dan menggunakan gempa dengan periode ulang 2500 tahun.

Perencanaan gempa gedung Holland Park Condotel dengan berdasarkan kondisi diatas adalah sebagai berikut :

a. Klasifikasi situs

Hasil tes tanah dengan kedalaman 30 m pada tanah setempat (Jl. Panderman Hill Malang) :

Tabel 5. 1 Perhitungan SPT Rata-Rata

Lapisan ke-i	Tebal lapisan (di) (m)	Deskripsi tanah	Nilai N SPT (Ni)	di/Ni
1	13	Lempung Berlanau Abu-Abu	16.83	0.77
2	6	Lempung Berlanau Coklat	32	0.19
3	7	Lanau Pasir Berlempung Coklat	32.33	0.22
4	3	Lempung Berpasir Berkerikil	42	0.07
5	1	Lempung Berlanau Berpasir	43	0.02
Σ	30			1.27

Sehingga didapat nilai \bar{N} sebagai berikut :

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n di}{\sum_{i=1}^n \frac{di}{N_i}}$$

$$\bar{N} = \frac{30}{1,27}$$

$$\bar{N} = 23,6$$

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 Tabel 3, untuk $15 < N < 50$ maka termasuk situs D.

- b. Menentukan Percepatan Batuan Dasar (S_s , S_1)
Direncanakan bangunan berumur 2% dalam 50 tahun
(gempa 2500 tahun).

$$S_s = 0,75$$

$$S_1 = 0,30$$

- c. Menentukan Koefisien Situs
Berdasarkan SNI 03-1726-2012 Tabel 4 dan Tabel 5, adalah sebagai berikut :

Tabel 5. 2 Koefisien Situs F_a

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCER) terpetakan pada perioda pendek, $T=0,2$ detik, S_s				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s=0,5$	$S_s=0,75$	$S_s=1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1	1	1	1	1
SC	1,2	1,2	1,1	1	1
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	S_s^b				

Maka didapat nilai $F_a = 1,2$

Tabel 5. 3 Koefisien Situs F_v

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCER) terpetakan pada perioda pendek, $T= 1$ detik, S_1				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1=0,2$	$S_1=0,3$	$S_1=0,4$	$S_1 \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1	1	1	1	1
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	S_s^b				

Maka didapat nilai $F_v = 1,8$

- d. Menentukan Parameter Percepatan Desain Spektral

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 didapat :

$$S_{ms} = F_a \cdot S_s = 1,2 \cdot 0,75 = 0,90$$

$$S_{m1} = F_v \cdot S_1 = 1,8 \cdot 0,3 = 0,54$$

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 didapat :

$$S_{ds} = \frac{2}{3} \cdot S_{ms} = \frac{2}{3} \cdot 0,90 = 0,60 \text{ g}$$

$$S_{d1} = \frac{2}{3} \cdot S_{m1} = \frac{2}{3} \cdot 0,54 = 0,36 \text{ g}$$

- e. Menentukan Kategori Desain Seismik

Berdasarkan SNI-03-1726-2012 Tabel 6 dan Tabel 7, untuk $0,5 \leq S_{ds}$, $0,2 \leq S_{d1}$, dan kategori resiko I didapatkan kategori desain seismik D.

- f. Analisa Respon spectrum

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 Pasal 6.4 didapatkan :

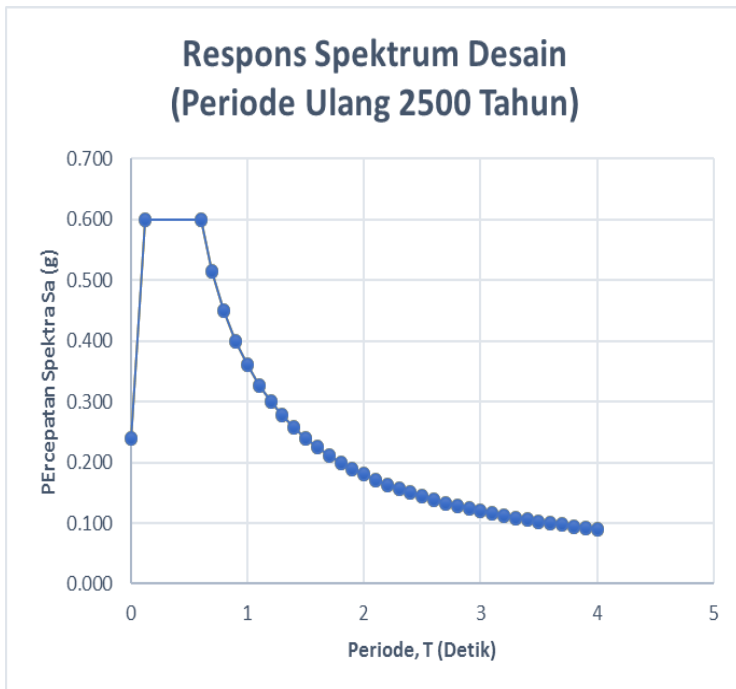
$$T_0 = 0,2 \cdot \frac{S_{d1}}{S_{ds}} = 0,2 \cdot \frac{0,36}{0,6} = 0,12 \text{ detik}$$

$$T_s = \frac{S_{d1}}{S_{ds}} = \frac{0,36}{0,6} = 0,600 \text{ detik}$$

Tabel 5. 4 Respon Spektrum

T (detik)	T (detik)	Sa (g)
0	0	0.24
T0	0.12	0.6
Ts	0.6	0.6
Ts+0.1	0.7	0.514286
Ts+0.2	0.8	0.45
Ts+0.3	0.9	0.4
Ts+0.4	1	0.36
Ts+0.5	1.1	0.327273
Ts+0.6	1.2	0.3
Ts+0.7	1.3	0.276923
Ts+0.8	1.4	0.257143
Ts+0.9	1.5	0.24
Ts+1.0	1.6	0.225
Ts+1.1	1.7	0.211765
Ts+1.2	1.8	0.2
Ts+1.3	1.9	0.189474
Ts+1.4	2	0.18
Ts+1.5	2.1	0.171429

T (detik)	T (detik)	Sa (g)
Ts+1.6	2.20	0.164
Ts+1.7	2.30	0.157
Ts+1.8	2.40	0.150
Ts+1.9	2.50	0.144
Ts+2.0	2.60	0.138
Ts+2.1	2.70	0.133
Ts+2.2	2.80	0.129
Ts+2.3	2.90	0.124
Ts+2.4	3.00	0.120
Ts+2.5	3.10	0.116
Ts+2.6	3.20	0.113
Ts+2.7	3.30	0.109
Ts+2.8	3.40	0.106
Ts+2.9	3.50	0.103
Ts+3.0	3.60	0.100
Ts+3.1	3.70	0.097
Ts+3.2	3.80	0.095
Ts+3.3	3.90	0.092
4	4	0.090



Gambar 5. 1 Grafik Respon Spektrum

5.5 Pembebanan Angin

1. Data Perencanaan :

Fungsi Bangunan	: Hotel
Tinggi Bangunan	: 31,2 m
Panjang bangunan	: 77,7 m
Lebar bangunan	: 12,95 m

2. Langkah-langkah untuk menentukan beban angin SPBAU untuk bangunan gedung tertutup dengan prosedur pengarah (SNI 1727:2013 pasal 27)

- a. Menentukan kategori resiko bangunan gedung atau struktur lain (SNI 1727:2013 tabel 1.5-1)

Penggunaan atau Pemanfaatan Fungsi Bangunan Gedung dan Struktur	Kategori Resiko
Bangunan geung dan struktur lain yang merupakan resiko	I
Semua bangunan gedung dan struktur lain keuali mereka terdaftar dalam kategori Resiko I, III, dan IV	II

Bangunan gedung termasuk dalam kategori resiko II

- b. Menentukan kecepatan angina dasar (V)
Sesuai dengan prakiraan Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika.

$$V = 13,61 \text{ m/s}$$

- c. Menentukan Faktor arah angin.
Sesuai dngan SNI 1727:2013 tabel 26.6.1 $K_d = 0,85$

Tipe Struktur	Faktor Arah Angin K_d^*
Bangunan Gedung	
Sistem Penahan Beban Angin Utama	0,85
Komponen dan KladingBangunan Gedung	0,85
Atap Lengkung	0,85
Cerobong asap, Tangki, dan Struktur yang sama	
Segi empat	0,90
Segi enam	0,95
Bundar	0,95
Dinding pejal berdiri bebas dan papan reklame pejal berdiri bebasdan papan reklame terikat	0,85
papan reklame terbuka dan kerangka kisi	0,85
Rangka batang menara	
Segi tiga, segi empat, persegi panjang	0,85
Penampang lainnya	0,95

- d. Kategori Eksposur
Sesuai dengan SNI 1727:2013 Pasal 26.7
Maka termasuk dalam eksposur B
- e. Faktor topografi
Sesuai dengan SNI 1727:2013 Pasal 26.8.2 $K_{zt} = 1$
- f. Faktor efek tiupan angin
Sesuai dengan SNI 1727:2013 pasal 26.9.1
Faktor efek tiupan angina untuk suatu bangunan gedung dan struktur lain yang kaku diambil $G = 0,85$
- g. Koefisien tekanan internal
Sesuai dengan SNI 1727:2013 tabel 26.11-1

Klasifikasi Ketertutupan	(GC_{pi})
Bangunan gedung terbuka	0,00
Bangunan gedung tertutup sebagian	+ 0,55 - 0,55
Bangunan gedung tertutup	+ 0,18 - 0,18

- h. Koefisien eksposur tekanan velositas
 Sesuai dengan SNI 1727:2013 tabel 27.3-1

Sistem Penahan Beban Angin Utama – Bagian 1		Seluruh ketinggian		
Koefisien eksposur tekanan velositas, K_z dan K_e				
Tabel 27.3-1				
Tinggi di atas level tanah, z		Eksposur		
ft	(m)	B	C	D
0-15	(0-4,6)	0,57	0,85	1,03
20	(6,1)	0,62	0,90	1,08
25	(7,6)	0,66	0,94	1,12
30	(9,1)	0,70	0,98	1,16
40	(12,2)	0,76	1,04	1,22
50	(15,2)	0,81	1,09	1,27
60	(18)	0,85	1,13	1,31
70	(21,3)	0,89	1,17	1,34
80	(24,4)	0,93	1,21	1,38
90	(27,4)	0,96	1,24	1,40
100	(30,5)	0,99	1,28	1,43
120	(36,6)	1,04	1,31	1,48
140	(42,7)	1,09	1,36	1,52
160	(48,8)	1,13	1,39	1,55
180	(54,9)	1,17	1,43	1,58
200	(61,0)	1,20	1,46	1,61
250	(76,2)	1,28	1,53	1,68
300	(91,4)	1,35	1,59	1,73
350	(106,7)	1,41	1,64	1,78
400	(121,9)	1,47	1,69	1,82
450	(137,2)	1,52	1,73	1,86
500	(152,4)	1,56	1,77	1,89

Catatan:
 1. Koefisien eksposur tekanan velositas K_z dapat ditentukan dari formula berikut:
 Untuk $15 \text{ ft} \leq z \leq z_g$ Untuk $z < 15 \text{ ft}$
 $K_z = 2,01(z/z_g)^{2/\alpha}$ $K_z = 2,01(15/z_g)^{2/\alpha}$
 2. α dan z_g ditabulasi dalam Tabel 26.9.1.
 3. Interpolasi linier untuk nilai menengah tinggi z yang sesuai.
 4. Kategori eksposur yang ditetapkan dalam Pasal 26.7

Tinggi bangunan (z) = 31,2 m

Menghitung nilai K_h dengan Interpolasi :

$$\frac{x - x_1}{x_2 - x_1} = \frac{y - y_1}{y_2 - y_1}$$

$$\frac{31,2 - 30,5}{36,6 - 30,5} = \frac{y - 0,99}{1,04 - 0,99}$$

$$Y = k_h = 0,99$$

Sesuai dengan SNI 1727:2013 tabel 26.9.1

Eksposur B $\rightarrow \alpha = 7$

$$Z_g = 365,7 \text{ m}$$

$$K_z = 2,01 \left(\frac{Z}{Z_g} \right)^{\frac{2}{\alpha}}$$

$$K_z = 2,01 \left(\frac{31,6}{365,7} \right)^{\frac{2}{7}}$$

$$K_z = 0,99$$

- i. Menentukan tekanan velositas

Sesuai dengan SNI 1727:2013 pasal 27.3.2

$$q_z = 0,613 \times K_z \times K_{zt} \times K_d \times V^2$$

$$q_z = 0,613 \times 0,99 \times 1 \times 0,85 \times 13,61^2$$

$$q_z = 96,03 \text{ N/m}^2$$

$$q_h = 0,613 \times K_h \times K_{zt} \times K_d \times V^2$$

$$q_h = 0,613 \times 0,99 \times 1 \times 0,85 \times 13,61^2$$

$$q_h = 96,12 \text{ N/m}^2$$

- j. Menentukan koefisien tekanan eksternal

Sesuai dengan SNI 1727:2013

Koefisien Tekanan Dinding, Cp			
Permukaan	L/B	Cp	Digunakan dengan
Dinding di sisi angin datang	Seluruh nilai	0,8	qz
Dinding di sisi angin pergi	0 - 1	- 0,5	qh
	2	- 0,3	
	≥ 4	- 0,2	
Dinding tepi	Seluruh nilai	- 0,7	qh

- Dinding di sisi angin datang (q_z)
 $C_p = 0,8$
- Dinding di sisi angin pergi (q_h)
 $\frac{L}{B} = \frac{12,95}{77,77} = 0,167$
 $C_p = -0,5$
- Dinding tepi (q_h)
 $C_p = -0,7$

k. Tekanan angin pada setiap permukaan bangunan kaku sesuai dengan SNI 1727:2013 persamaan 27.4-1

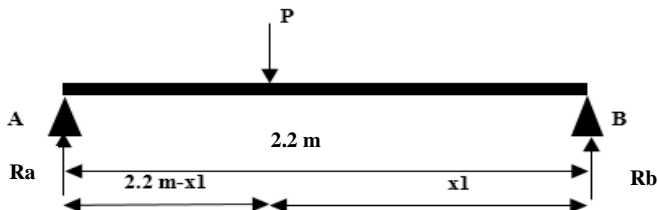
- Dinding di sisi angin datang
 $p = q.G.C_{pi} - q_i.(GC_{pi})$
 $p = 96,38 \times 0,85 \times 0,8 - 0. (+0,18)$
 $p = 6,6 \text{ kg/m}^2$
- Dinding di sisi angin pergi
 $p = q.G.C_{pi} - q_i.(GC_{pi})$
 $p = 96,38 \times 0,85 \times (-0,5) - 0. (+0,18)$
 $p = -4,1 \text{ kg/m}^2$
- Dinding di sisi angin tepi
 $p = q.G.C_{pi} - q_i.(GC_{pi})$
 $p = 96,38 \times 0,85 \times (-0,7) - 0. (+0,18)$
 $p = -5,7 \text{ kg/m}^2$

5.6 Pembebanan Balok Lift

Untuk pembebanan balok lift sumber yang digunakan diperoleh dari brosur, berikut perhitungannya :

Data Perencanaan :

1. Panjang Balok Lift = 2200 mm
2. Tipe Lift = Passenger Elevator
Layout Plan
3. Merek = Hyundai
4. Kapasitas = 15 orang/1000 kg
5. Tinggi Ruang Mesin = 2200 mm
6. Lebar Pintu = 900 mm
7. Dimensi Ruang Luncur
(Hoistway inside 1 car) =
= 2400 x 2200 mm²
8. Dimensi Sangkar = 1600 x 1500 mm²
9. Beban Reaksi Ruang Mesin =
 - R1 = 6600 kg
 - R2 = 5100 kg
10. Reaksi Beban Terpusat, **Berdasarkan SNI 1727-2013**
Pasal 4.6.3 beban mesin yang bergerak maju mundur atau unit tenaga-driven, meningkat sebesar 50%.
Maka beban reaksi nilainya sebagai berikut :
 - $R_a = R_1$. KLL = $R_1 \times (1 + 50\%) = 6600 \times (1 + 50\%)$
= 9900 kg
 - $R_b = R_2$. KLL = $R_2 \times (1 + 50\%) = 4300 \times (1 + 50\%)$
= 7650 kg
11. Perhitungan Beban Terpusat Pada Balok Lift :



$$\sum Mb = 0$$

$$0 = 2,2m \times Ra - P \times x1$$

$$0 = 21780kg - P \times x1$$

$$P = \frac{21780kg}{x1}$$

$$\sum Ma = 0$$

$$0 = 2,2m \times Rb - P \times (2,2m - x1)$$

$$0 = 16830kg - \frac{21780kg}{x1} \times (2,2m - x1)$$

$$0 = 16830kg - \frac{47916kg}{x1} + 21780kg$$

$$0 = 38610kg - \frac{47916kg}{x1}$$

$$x1 = 1,241m$$

Dari perhitungan diatas diperoleh nilai P sebesar :

$$P = \frac{21780}{1,241} = 17550kg = 175,5kN$$

Karena untuk menumpu 1 mesin lift dibutuhkan 2 balok lift maka reaksi pembebanan pada balok lift dibagi menjadi 2. Sehingga beban terpusat yang pada balok lift adalah $175,5 \text{ kN} / 2 = 87,75 \text{ kN}$.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

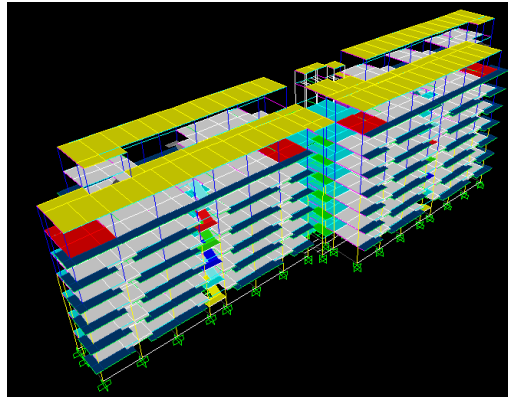
BAB VI

ANALISA PERMODELAN STRUKTUR

6.1 Permodelan Struktur

6.1.1 Permodelan Struktur dengan SRPM

Permodelan struktur bangunan dengan SRPM pada gedung Holland Park Condotel Batu-Malang ini dapat dilihat pada gambar-gambar di bawah ini yang merupakan capture picture dari SAP 2000.



Gambar 6. 1 Permodelan Struktur SRPMK.

6.1.1.1 Besaran Massa

Besaran massa elemen struktur (mass source adalah massa struktur pada program bantu SAP 2000 v.14 yang digunakan pada perhitungan untuk analisa modal menggunakan pilihan “*mass definition: from element and additional masses and loads*” yang dimana berat sendiri akan dihitung oleh struktur sedangkan beban-beban tambahan ditambahkan dengan pembesaran sesuai dengan jenis bebannya. Massa-massa beban yang dimasukkan adalah sebagai berikut:

- Beban mati tambahan (Dead ++) : *Multiplier* 1,0
- Beban hidup : *Multiplier* 0,3

Mass Definition

☐ From Element and Additional Masses
☐ From Loads
☒ From Element and Additional Masses and Loads

Define Mass Multiplier for Loads

Load	Multiplier
Dead ++	1.
Dinding	1.
Live	0.3
Beban Lift	1.

Add Modify Delete

Gambar 6. 2 Input form *Mass Source* untuk analisa modal pada SAP 2000.

6.1.1.2 Peninjauan Terhadap Pengaruh Gempa

Peninjauan gempa horizontal dibagi kedalam dua arah yaitu :

1. Gempa arah x dengan komposisi 100% E_x + 30% E_y
2. Gempa arah y dengan komposisi 30% E_x + 100% E_y

6.1.1.3 Pendefinisian Modal Analisis dan Ragam Analisis

Analisis modal menggunakan SAP 2000 diambil sebanyak 5 kali dari jumlah lantai yang dimodelkan, mode shape untuk menjamin partisipasi massa struktur lebih dari 90%. Dalam hal ini partisipasi massa dari struktur diambil 99% terhadap gaya lateral kearah X dan kearah Y. Input form untuk analisa modal dapat dilihat pada gambar berikut :

Load Type	Load Name	Maximum Cycles	Target Dynamic Participation Ratios (%)
Accel	UX	0	99.
Accel	UX	0	99.
Accel	UY	0	99.

Buttons: Add, Modify, Delete

Gambar 6. 3 Form Input Analisa Modal SAP 2000

6.1.1.4 Faktor Skala Gaya Beban Gempa dengan Respon Spektrum SAP 2000 untuk SRPM

Faktor skala gaya gempa diambil dari persamaan sebagai berikut:

$$\text{Faktor pembebanan} = \frac{I}{R} g = \frac{1}{8} \times 9,81 = 1,226$$

Faktor beban tersebut adalah untuk arah gempa yang ditinjau sedangkan arah yang tegak lurus dari peninjauan gempa tersebut akan dikenakan gempa sebesar 30% dari arah gempa yang ditinjau sehingga faktor skala gaya pada arah tegak lurus gempa yang ditinjau adalah $0,3 \times 1,226 = \mathbf{0,368}$.

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	Malang	1.226
Accel	U1	Malang	1.226
Accel	U2	Malang	0.368

☐ Show Advanced Load Parameters

Add
Modify
Delete

Gambar 6. 5 Input Faktor Skala Gaya pada Arah X

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	Malang	0.368
Accel	U1	Malang	0.368
Accel	U2	Malang	1.226

☐ Show Advanced Load Parameters

Add
Modify
Delete

Gambar 6. 4 Input Faktor Skala Gaya pada Arah Y

6.1.1.5 Kontrol Periode Fundamental SRPM

Nilai T (waktu getar alami struktur) dibatasi oleh waktu getar alami fundamental untuk mencegah penggunaan struktur yang terlalu fleksibel dengan perumusan berdasarkan SNI 1726-2012 Tabel 15 dengan batas bawah sebesar :

$$T_a = C_t \times h_n^x$$

Dimana :

h_n = Ketinggian struktur

C_t = Parameter pendekatan tipe struktur

x = Parameter pendekatan tipe struktur

Untuk nilai parameter perioda pendekatan dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 6. 1 Nilai Parameter Periode Pendekatan, C_t dan x

Tipe Struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen dimana rangka pemikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika		
Rangka baja pemikul momen	0,0724 ^a	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 ^a	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 ^a	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 ^a	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 ^a	0,75

Untuk nilai struktur beton SRPMK didapatkan nilai $C_t = 0,0466$ dan $x = 0,9$. sehingga :

$$T_a = 0,0466 \times (31,2\text{m})^{0,9} = 1,03 \text{ detik}$$

Dengan batas atas periode fundamental struktur berdasarkan SNI 03-1726-2012 Tabel 14 sebesar :

Tabel 6. 2 Koefisien untuk Batas Atas pada Periode yang Dihitung

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S_{D1}	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

Karena nilai $S_{D1} = 0,36$ diantara 0,3 dan 0,4, maka didapatkan nilai $C_u = 1,4$. sehingga :

$$C_u \cdot T_a = 1,4 \cdot 1,03 \text{ detik} = 1,44 \text{ detik}$$

Dari permodelan pada SAP 2000 didapatkan :

Tabel 6. 3 Modal Load Participation Ratio

TABLE: Modal Load Participation Ratios				
OutputCase	ItemType	Item	Static	Dynamic
Text	Text	Text	Percent	Percent
MODAL	Acceleration	UX	100	99.8245
MODAL	Acceleration	UY	100	99.7622
MODAL	Acceleration	UZ	0.3903	0.4032

Tabel 6. 4 Periode Struktur pada Modal di Program SAP 2000 untuk 10 Mode Pertama.

TABLE: Modal Periods And Frequencies						
OutputC	StepType	StepNum	Period	Frequency	CircFreq	Eigenvalue
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	rad/sec	rad2/sec2
MODAL	Mode	1	1.52714	0.65482	4.1143	16.928
MODAL	Mode	2	1.363377	0.73347	4.6085	21.239
MODAL	Mode	3	1.337947	0.74741	4.6961	22.054
MODAL	Mode	4	0.527607	1.8954	11.909	141.82
MODAL	Mode	5	0.482831	2.0711	13.013	169.34
MODAL	Mode	6	0.46888	2.1327	13.4	179.57
MODAL	Mode	7	0.440886	2.2682	14.251	203.1
MODAL	Mode	8	0.347312	2.8793	18.091	327.28
MODAL	Mode	9	0.316096	3.1636	19.877	395.11
MODAL	Mode	10	0.302397	3.3069	20.778	431.72

Perbandingan nilai untuk periode fundamental struktur sebagai berikut :

$$\begin{array}{rclclcl} T_a & \leq & T & \leq & C_u.T_a \\ 1,03 \text{ s} & \leq & 1,527 \text{ s} & \leq & 1,44 \text{ s} \quad (\text{No Oke}) \end{array}$$

6.1.1.6 Kontrol Simpangan Antar lantai

Untuk mengetahui besarnya simpangan antar lantai perlu dicari terlebih dahulu nilai perpindahan elastis, δ_{xe} dari analisis struktur. Setelah itu nilai δ_{xe} dikalikan dengan faktor pembesaran C_d/I_e . Setelah itu dapat diketahui besarnya simpangan antar tingkat yang merupakan selisih nilai perpindahan elastis yang diperbesar pada suatu tingkat dengan nilai perpindahan elastis yang diperbesar pada tingkat dibawahnya. Nilai simpangan ini selanjutnya dikontrol terhadap batas simpangan. Defleksi pusat massa di tingkat x (δ_x) harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut :

$$\delta_x = \frac{C_d \cdot \delta_{ex}}{I_e} \quad (\text{SNI 03-1726-2012 Pasal 7.8.6})$$

Dimana :

C_d = Faktor pembesaran defleksi = 5,5

δ_{xe} = Defleksi pada lantai x yang ditentukan dengan analisis elastis

I_e = Faktor keutamaan gempa = 1

Untuk nilai simpangan antar lantai ijin, Δ_i , berdasarkan SNI 03-1726-2012 Tabel 16 diperoleh sebagai berikut :

Tabel 6. 5 Simpangan Antar Lantai Ijin, Δ_i

Struktur	Kategori Risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat.	$0,025h_{sx}$	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$
Semua struktur lainnya	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$	$0,010h_{sx}$

Maka didapatkan nilai $\Delta_i = 0,020$ hsx.

- Analisa simpangan antar lantai gempa arah X.

Tabel 6. 6 Kontrol Simpangan Antar Lantai Portal Gempa Dinamis Arah X.

Lantai	Elevasi	h_i	δ_{ei} (dari SAP)	δ_i ($C_d \cdot \delta_{ei} / I_e$)	$\delta_{ei} - \delta_{e(i-1)}$	Δ_i ($(\delta_{ei} - \delta_{e(i-1)}) / C_d / I_e$)	Δ_a 0.020 hsx	Ket $\Delta_i < \Delta_a$
	(m)	(m)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
9	31.2	3.6	21.11	116.11	0.66	3.6	72	OKE
8	27.6	3.6	20.45	112.48	0.98	5.4	72	OKE
7	24	3.6	19.47	107.09	1.48	8.1	72	OKE
6	20.4	3.4	17.99	98.95	1.91	10.5	68	OKE
5	17	3.4	16.08	88.44	2.48	13.6	68	OKE
4	13.6	3.4	13.6	74.80	2.98	16.4	68	OKE
3	10.2	3.4	10.62	58.41	3.41	18.8	68	OKE
2	6.8	3.4	7.21	39.66	3.73	20.5	68	OKE
1	3.4	3.4	3.48	19.14	3.48	19.1	68	OKE

- Analisa simpangan antar lantai gempa arah Y.

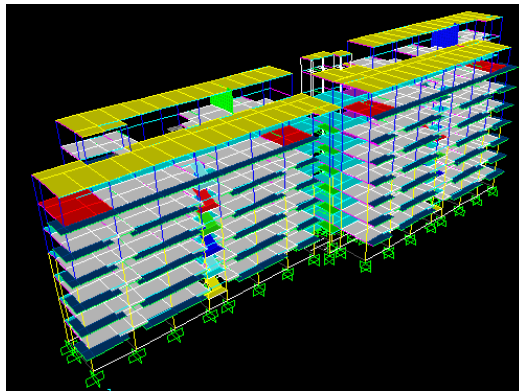
Tabel 6. 7 Kontrol Simpangan Antar Lantai Portal Gempa Dinamis Arah Y

Lantai	Elevasi	hi	δe_i (dari SAP)	δ_i (Cd. $\delta e_i/l_e$)	$\delta e_i - \delta e_{(i-1)}$	Δ_i ($\delta e_i - \delta e_{(i-1)})$ Cd/ l_e	Δ_a 0.020 hsx	Ket $\Delta_i < \Delta_a$
	(m)	(m)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
9	31.2	3.6	32.06	176.33	1.08	5.9	72	OK
8	27.6	3.6	30.98	170.39	1.48	8.1	72	OK
7	24	3.6	29.5	162.25	2.7	14.9	72	OK
6	20.4	3.4	26.8	147.40	3.17	17.4	68	OK
5	17	3.4	23.63	129.97	3.85	21.2	68	OK
4	13.6	3.4	19.78	108.79	4.47	24.6	68	OK
3	10.2	3.4	15.31	84.21	5	27.5	68	OK
2	6.8	3.4	10.31	56.71	5.42	29.8	68	OK
1	3.4	3.4	4.89	26.90	4.89	26.9	68	OK

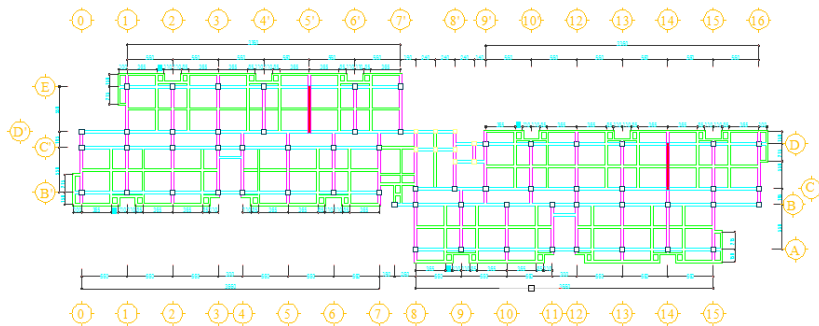
Tinjauan struktur pada perioda struktur yang dimodelkan belum masuk kisaran perioda struktur yang diizinkan. Sehingga, untuk menurunkan periode struktur maka harus dilakukan perkuatan dengan menambah *shearwall* pada struktur.

6.1.2 Permodelan Struktur dengan Sistem Ganda (*Dual System*)

Permodelan struktur bangunan dengan Dual System (SRPMK dan Shearwall) pada gedung Holland Park Condotel Batu-Malang ini dapat dilihat pada gambar-gambar di bawah ini yang merupakan permodelan pada program bantu SAP 2000.



Gambar 6. 7 Permodelan Struktur Dual System.



Gambar 6. 6 Denah Rencana Lokasi *Shear Wall*.

6.1.2.1 Faktor Skala Gaya Beban Gempa dengan Respon Spektrum SAP 2000 untuk Dual System

Faktor skala gaya gempa diambil dari persamaan sebagai berikut :

- Untuk SRPM (arah x)

$$\text{Faktor pembebanan} = \frac{I}{R} g = \frac{1}{8} \times 9,81 = 1,226$$

- Untuk *Shear Wall* (arah y)

$$\text{Faktor pembebanan} = \frac{I}{R} g = \frac{1}{7} \times 9,81 = 1,4$$

Faktor beban tersebut adalah untuk arah gempa yang ditinjau sedangkan arah yang tegak lurus dari peninjauan gempa tersebut akan dikenakan gempa sebesar 30% dari arah gempa yang ditinjau sehingga faktor SKALA GAYA pada arah tegak lurus gempa yang ditinjau sebagai berikut :

- Untuk SRPM (arah x)

$$\begin{aligned} \text{Faktor pembebanan} &= 30\% \text{ arah y} \\ &= 0,3 \cdot 1,4 \\ &= 0,42 \end{aligned}$$

- Untuk *Shear Wall* (arah y)

$$\begin{aligned} \text{Faktor pembebanan} &= 30\% \text{ arah x} \\ &= 0,3 \cdot 1,226 \\ &= 0,367 \end{aligned}$$

The 'Loads Applied' dialog box contains a table with the following data:

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	Malang	1.226
Accel	U1	Malang	1.226
Accel	U2	Malang	0.42

Buttons: Add, Modify, Delete

☐ Show Advanced Load Parameters

Gambar 6. 9 Input Faktor Skala Gaya pada Arah X

The 'Loads Applied' dialog box contains a table with the following data:

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	Malang	0.368
Accel	U1	Malang	0.368
Accel	U2	Malang	1.4

Buttons: Add, Modify, Delete

☐ Show Advanced Load Parameters

Gambar 6. 8 Input Faktor Skala Gaya pada Arah Y

6.1.2.2 Kontrol Periode Fundamental Struktur Dual System

Nilai T (waktu getar alami struktur) dibatasi oleh waktu getar alami fundamental untuk mencegah penggunaan struktur yang terlalu fleksibel dengan perumusan berdasarkan SNI 1726-2012 Tabel 15 dengan batas bawah sebesar :

$$T_a = C_t \times h_n^x$$

Dimana :

h_n = Ketinggian struktur

C_t = Parameter pendekatan tipe struktur

x = Parameter pendekatan tipe struktur

Tabel 6. 8 Nilai Parameter Periode Pendekatan, C_t dan x

Tipe Struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen dimana rangka pemikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika		
Rangka baja pemikul momen	0,0724 ^a	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 ^a	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 ^a	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 ^a	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 ^a	0,75

Untuk nilai struktur beton SRPMK didapatkan nilai $C_t = 0,0466$ dan $x = 0,9$; sehingga :

$$T_a \text{ SRPMK} = 0,0466 \times (31,2\text{m})^{0,9} = 1,03 \text{ detik}$$

Untuk nilai struktur *shearwall* didapatkan nilai $C_t = 0,0488$ dan $x = 0,75$; sehingga :

$$T_a \text{ Searwall} = 0,0488 \times (31,2\text{m})^{0,75} = 0,644 \text{ detik}$$

Dengan batas atas periode fundamental struktur berdasarkan SNI 03-1726-2012 Tabel 14 sebesar :

Tabel 6. 9 Koefisien untuk Batas Atas pada Perioda yang Dihitung

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S_{D1}	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

Karena nilai $S_{D1} = 0,36$ diantara 0,3 dan 0,4, maka didapatkan nilai $C_u = 1,4$. sehingga :

$C_u \cdot T_a \text{ SRPMK} = 1,4 \cdot 1,03 \text{ detik} = 1,44 \text{ detik}$

$C_u \cdot T_a \text{ Shearwall} = 1,4 \cdot 0,644 \text{ detik} = 0,902 \text{ detik}$

Dari permodelan pada SAP 2000 didapatkan :

Tabel 6. 10 Modal Load Participation

TABLE: Modal Load Participation Ratios				
Output Case	Item Type	Item	Static	Dynamic
Text	Text	Text	Percent	Percent
MODAL	Acceleration	UX	100	99.8452
MODAL	Acceleration	UY	100	99.7466
MODAL	Acceleration	UZ	31.2996	22.0472

Tabel 6. 11 Periode Struktur pada Modal di Program SAP 2000 untuk Mode 10 Pertama

TABLE: Modal Periods And Frequencies						
Output Case	Step Type	Step Num	Period	Frequency	Circ Freq	Eigen value
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	rad/sec	rad2/sec2
MODAL	Mode	1	1.033757	0.96735	6.078	36.942
MODAL	Mode	2	0.901613	1.1091	6.9688	48.565
MODAL	Mode	3	0.84086	1.1893	7.4723	55.836
MODAL	Mode	4	0.442171	2.2616	14.21	201.92
MODAL	Mode	5	0.356487	2.8052	17.625	310.65
MODAL	Mode	6	0.294599	3.3944	21.328	454.88
MODAL	Mode	7	0.264525	3.7804	23.753	564.19
MODAL	Mode	8	0.238944	4.1851	26.296	691.46
MODAL	Mode	9	0.226034	4.4241	27.797	772.7
MODAL	Mode	10	0.192775	5.1874	32.593	1062.3

T SRPM (Mode 1) = 1,034 detik

T Shearwall (Mode 2) = 0,902 detik

Perbandingan nilai untuk periode fundamental struktur SRPM sebagai berikut :

$$\begin{array}{rclclcl}
 T_a & \leq & T & \leq & C_u \cdot T_a \\
 1,03 \text{ s} & \leq & 1,034 \text{ s} & \leq & 1,44 \text{ s}
 \end{array}$$

Perbandingan nilai untuk periode fundamental struktur Shearwall sebagai berikut :

$$\begin{array}{rclclcl}
 T_a & \leq & T & \leq & C_u \cdot T_a \\
 0,644 \text{ s} & \leq & 0,9016 \text{ s} & \leq & 0,902 \text{ s}
 \end{array}$$

6.1.2.3 Kontrol Gaya Gempa Dasar Dinamis Stuktur

Kontrol gaya dinamis struktur digunakan untuk melihat apakah gaya gempa yang dimasukkan dengan menggunakan *respon spectrum* sudah sesuai dengan yang di isyaratkan SNI 1726-2012 pasal 7.8.1. Untuk kontrol gaya gempa dasar dinamis ditentukan koefisien C_s adalah sebagai berikut :

1. Nilai C_s minim

$$Cs_{\min} = 0,044.Sds.I \geq 0,01$$

$$Cs_{\min} = 0,044.0,6..1 \geq 0,01$$

$$Cs_{\min} = 0,026 \geq 0,01$$

2. Nilai Cs

- Untuk Shear Wall (Arah y)

$$Cs = \frac{Sds}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,6}{\left(\frac{7}{1}\right)} = 0,0857$$

- Untuk SRPM (Arah x)

$$Cs = \frac{Sds}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,6}{\left(\frac{8}{1}\right)} = 0,075$$

3. Nilai Cs max

- Untuk Shear Wall (Arah y)

$$Cs = \frac{Sd1}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,36}{0,9016\left(\frac{7}{1}\right)} = 0,057$$

- Untuk SRPM (Arah x)

$$Cs = \frac{Sd1}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,36}{1,0338\left(\frac{8}{1}\right)} = 0,04$$

Dari perhitungannya nilai Cs diatas dapat direkapitulasi ada tabel dibawah ini :

Tabel 6. 12 Rekapitulasi Nilai Cs

	Csmin	Cs	Csmax	Cs pakai
SW (Arah y)	0.0264	0.086	0.057	0.057
SRPM (Arah x)	0.0264	0.075	0.044	0.044

Penentuan gaya geser dasar dinamis struktur menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$V = C_s \cdot W_t$$

Dimana :

C_s = Koefisien respon seismic

W_t = Total beban mati, beban mati tambahan dan beban hidup

Tabel 6. 13 Berat Struktur dari Base Reaction Fz untuk Beban Mati, Beban Mati Tambahan dan Beban Hidup

TABLE: Base Reactions				
Output Case	Case Type	Global FX	Global FY	Global FZ
Text	Text	KN	KN	KN
ID + 1L	Combination	-1.932E-10	2.064E-09	132257.879

Maka diperoleh berat struktur total adalah 132257,879 kN

Untuk nilai di arah X :

$$\begin{aligned} V_x &= C_{sx} \cdot W_t \\ &= 0,044 \cdot 132257,879 \text{ kN} \\ &= 5757,257 \text{ kN} \\ 0,85 V_x &= 0,85 \cdot 5757,257 \text{ kN} \\ &= 4893,668 \text{ kN} \end{aligned}$$

Untuk nilai di arah Y :

$$\begin{aligned} V_y &= C_{sy} \cdot W_t \\ &= 0,057 \cdot 132257,879 \text{ kN} \\ &= 7544,072 \text{ kN} \\ 0,85 V_y &= 0,85 \cdot 7544,072 \text{ kN} \\ &= 6412,462 \text{ kN} \end{aligned}$$

Hasil analisa dinamis gaya geser gempa dari SAP 2000 v.14 didapatkan sebesar :

Tabel 6. 14 Base Reaction dari Program SAP 2000.

TABLE: Base Reactions					
Output Case	Case Type	Step Type	Global FX	Global FY	Global FZ
Text	Text	Text	KN	KN	KN
Rx	LinRespSpec	Max	4173.722	1470.933	19.265
Ry	LinRespSpec	Max	1256.774	4894.47	27.288

Untuk arah X = 4173,722 kN < 4893,668 kN (No Ok)

Untuk arah Y = 4894,47 kN < 6412,462 kN (No Ok)

Ketentuan $V_{\text{baseshear}} > 0,85 V$ belum memenuhi sehingga diperukan faktor pembesaran skala gaya, dimana skala pemebesaran gaya gempa hanya pada arah Y yaitu sebagai berikut :

- Untuk Shear Wall (arah y)

$$\text{Faktor perbesaran} = \frac{6412,46}{4894,47} \times 1,40 = 1,836$$

- Untuk SRPM (arah x)

$$\text{Faktor perbesaran} = \frac{4893,67}{4173,72} \times 1,226 = 1,438$$

Faktor pembesaran skala gaya arah tegak lurus gempa sebesar 30% sebagai berikut :

- Untuk Shear Wall (arah y)

$$\begin{aligned} \text{Faktor perbesaran} &= 30\% \text{ arah x} \\ &= 0,3 \cdot 1,438 \\ &= 0,431 \end{aligned}$$

- Untuk SRPM (arah x)

$$\begin{aligned} \text{Faktor pembebanan} &= 30\% \text{ arah y} \\ &= 0,3 \cdot 1,836 \\ &= 0,551 \end{aligned}$$

Setelah pada program bantu SAP 2000 v.14 faktor pembebanan gempa diatas dimasukkan, dapat diperoleh hasil *base reaction* sebagai berikut :

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U2	Malang	0.574
Accel	U1	Malang	1.4714
Accel	U2	Malang	0.574

☐ Show Advanced Load Parameters

Add, Modify, Delete

Gambar 6. 10 Input Faktor Skala pada Arah X akibat Faktor Pembesaran.

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	Malang	0.431
Accel	U1	Malang	0.431
Accel	U2	Malang	1.836

☐ Show Advanced Load Parameters

Add, Modify, Delete

Gambar 6. 11 Input Faktor Skala Gaya pada Arah Y akibat Faktor Pembesaran.

Tabel 6. 15 Base Reaction dari Program SAP 2000 setelah Dikali Faktor Pembesaran.

TABLE: Base Reactions					
Output Case	Case Type	Step Type	Global FX	Global FY	Global FZ
Text	Text	Text	KN	KN	KN
Rx	LinRespSpec	Max	4895.475	1929.037	23.084
Ry	LinRespSpec	Max	1473.117	6418.729	35.652

Untuk arah X = 4895,475 kN > 4893,668 kN (Ok)

Untuk arah Y = 6418,729 kN > 6412,462 kN (Ok)

6.1.2.4 Kontrol Simpangan Antar lantai

Untuk mengetahui besarnya simpangan antar lantai perlu dicari terlebih dahulu nilai perpindahan elastis, δ_{xe} dari analisis struktur. Setelah itu nilai δ_{xe} dikalikan dengan faktor pembesaran C_d/I_e . Setelah itu dapat diketahui besarnya simpangan antar tingkat yang merupakan selisih nilai perpindahan elastis yang diperbesar pada suatu tingkat dengan nilai perpindahan elastis yang diperbesar pada tingkat dibawahnya. Nilai simpangan ini selanjutnya dikontrol terhadap batas simpangan. Defleksi pusat massa di tingkat x (δ_x) harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut :

$$\delta_x = \frac{C_d \cdot \delta_{ex}}{I_e} \text{ (SNI 03-1726-2012 Pasal 7.8.6)}$$

Dimana :

C_d = Faktor pembesaran defleksi = 5,5

δ_{xe} = Defleksi pada lantai x yang ditentukan dengan analisis elastis

I_e = Faktor keutamaan gempa = 1

Untuk nilai simpangan antar lantai ijin, Δ_i , berdasarkan SNI 1726-2012 Tabel 16 diperoleh sebagai berikut :

Tabel 6. 16 Simpangan Antar Lantai Ijin, Δ_i

Struktur	Kategori Risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat.	$0,025h_{sx}$	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$
Semua struktur lainnya	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$	$0,010h_{sx}$

maka didapatkan nilai $\Delta_i = 0,020 h_{sx}$

- Analisa simpangan antar lantai gempa arah X.

Tabel 6. 17 Kontrol Simpangan Antar Lantai Portal Gempa Dinamis Arah X

Lantai	Elevasi	hi	δe_i (dari SAP)	δi (Cd. $\delta e_i/l_e$)	$\delta e_i - \delta e(i-1)$	Δi ($\delta e_i - \delta e(i-1)$) Cd/ l_e	Δa 0.020 h _{sx}	Ket $\Delta i < \Delta a$
	(m)	(m)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
Atap	31.2	3.6	18.84	103.62	0.63	3.5	72	OKE
9	27.6	3.6	18.21	100.16	0.97	5.3	72	OKE
8	24	3.6	17.24	94.82	1.44	7.9	72	OKE
7	20.4	3.4	15.8	86.90	1.81	10.0	68	OKE
6	17	3.4	13.99	76.95	2.32	12.8	68	OKE
5	13.6	3.4	11.67	64.19	2.73	15.0	68	OKE
4	10.2	3.4	8.94	49.17	3.09	17.0	68	OKE
3	6.8	3.4	5.85	32.18	3.28	18.0	68	OKE
2	3.4	3.4	2.57	14.14	2.57	14.1	68	OKE

- Analisa simpangan antar lantai gempa arah Y

Tabel 6. 18 Kontrol Simpangan Antar Lantai Portal Gempa Dinamis Arah Y

Lantai	Elevasi	hi	δe_i (dari SAP)	δi (Cd. $\delta e_i/l_e$)	$\delta e_i - \delta e(i-1)$	Δi ($\delta e_i - \delta e(i-1)$) Cd/ l_e	Δa 0.020 h _{sx}	Ket $\Delta i < \Delta a$
	(m)	(m)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
Atap	31.2	3.6	23.16	127.38	2.32	12.8	72	OKE
9	27.6	3.6	20.84	114.62	2.59	14.2	72	OKE
8	24	3.6	18.25	100.38	2.95	16.2	72	OKE
7	20.4	3.4	15.3	84.15	2.98	16.4	68	OKE
6	17	3.4	12.32	67.76	3.09	17.0	68	OKE
5	13.6	3.4	9.23	50.77	3.05	16.8	68	OKE
4	10.2	3.4	6.18	33.99	2.78	15.3	68	OKE
3	6.8	3.4	3.4	18.70	2.19	12.0	68	OKE
2	3.4	3.4	1.21	6.66	1.21	6.7	68	OKE

6.1.2.5 Kontrol Dual System

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 bahwa Sistem Rangka Pemikul Momen harus memikul minimum 25% dari beban geser nominal total yang bekerja pada struktur bangunan.

Oleh karena itu, harus memeriksa persentase antara base shear yang dihasilkan oleh SRPM dan *shearwall* dari masing-masing arah gempa x dan arah gempa y. Caranya adalah dengan menjumlahkan reaksi perletakan SRPM dan reaksi perletakan *shearwall* untuk arah gempa x dan arah gempa y, kemudian dibandingkan persentasenya, Persentasenya dihitung dan disajikan sebagai berikut.

Tabel 6. 19 Total Reaksi Perletakan Penahan Gempa

No	Kombinasi Pembebanan	Total Reaksi Menahan Gempa			
		Fx		Fy	
		SRPM	SW	SRPM	SW
1	Rx	4687.819	243.817	884.365	1280.006
2	Ry	1457.118	76.48	2721.377	4235.42

Tabel 6. 20 Persentase Gaya Penahan Gempa

No	Kombinasi Pembebanan	Persentase Dalam Menahan Gempa (%)			
		Fx		Fy	
		SRPM	SW	SRPM	SW
1	Rx	95.06	4.94	40.86	59.14
2	Ry	95.01	4.99	39.12	60.88

Dari hasil diatas, dapat dilihat bahwa persentase dari SRPM arah gempa x dan arah gempa y nilainya lebih besar dari 25%, sehingga konfigurasi struktur gedung ini telah memenuhi syarat sebagai struktur *Dual System*

BAB VII

PERHITUNGAN STRUKTUR SEKUNDER

7.1 Perhitungan Penulangan Plat Lantai

Perhitungan struktur pelat bertujuan untuk mencari diameter dan jarak tulangan utama dan tulangan susut pada pelat.

7.1.1 Perhitungan Penulangan Plat 1 Arah

Pada analisa perhitungan pelat 1 arah yang ditinjau adalah pada pelat lantai tipe 3 ukuran 5,6 m x 1,95 m dengan fungsi ruang sebagai lantai koridor. Besarnya beban-beban yang bekerja diambil dari ASCE 7-2002 Tabel C3.

1. Beban Mati :

- Berat sendiri pelat = tebal pelat x γ beton = 0,12 cm x 23,6 kN/m² = 2,8224 kN/m²
- Beban keramik+spesi = 1,1 kN/m²
- Beban ducting mekanikal = 0,19 kN/m²
- Beban plafond = 0,05 kN/m²
- Beban penggantung plafond = 0,1 kN/m²
- Total beban mati = 4,26 kN/m²

2. Beban hidup

Beban hidup lantai koridor = 4,79 kN/m²

3. Beban ultimit :

$$1,2D + 1,6L = 1,2 (4,26) + 1,6 (4,79) = 12,78 \text{ kN/m}^2$$

4. Perhitungan Tulangan Pelat

a. Data Perencanaan :

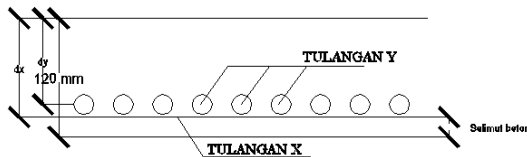
Tipe Plat	= 3
Bentang sumbu pendek (Lx)	= 1,95 m
Bentang sumbu panjang (Ly)	= 5,6 m
Mutu beton (fc')	= 35 Mpa
Mutu Baja (fy)	= 400 Mpa

β_1	= 0,80
ϕ	= 0,9
(SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.1)	
Tebal pelat (h)	= 120 mm
p susut	= 0,002
(SNI 03-2847-2013 Pasal 7.12)	
\emptyset tulangan lentur	= 10 mm
\emptyset tulangan Susut	= 10 mm
Decking	= 20 mm
(SNI 03-2847-2013 Pasal 7.7.2)	

Rasio sumbu panjang dan sumbu pendek bentang pelat:

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{5,6m}{1,95m} = 2,87 > 2 \text{ (one way)}$$

b. Tebal manfaat pelat



$$dx = \text{tebal plat-tebal selimut} - \frac{1}{2} \emptyset$$

$$dx = 120 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 10 \text{ mm}\right)$$

$$dx = 95 \text{ mm}$$

$$dy = \text{tebal pelat-tebal selimut} - \frac{1}{2} \emptyset$$

$$dy = 120 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 10 \text{ mm}\right)$$

$$dy = 85 \text{ mm}$$

- c. Momen-momen pada plat yang terjadi :

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 8.3.3

$$M_{t\text{-interior}} = \frac{1}{11} \cdot W_u \cdot L_n^2 = \frac{1}{11} \cdot 12,78 \cdot 1,95^2 = 4,42 \text{ kNm}$$

$$M_{\text{Lapangan}} = \frac{1}{16} \cdot W_u \cdot L_n^2 = \frac{1}{16} \cdot 12,78 \cdot 1,95^2 = 3,04 \text{ kNm}$$

$$M_{t\text{-ekstterior}} = \frac{1}{10} \cdot W_u \cdot L_n^2 = \frac{1}{10} \cdot 12,78 \cdot 1,95^2 = 4,86 \text{ kNm}$$

- d. Tulangan minimum dan maksimum

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,45$$

$$p_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} p_{\max} &= 0,75 \times \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= 0,75 \times \frac{0,85 \times 0,80 \times 35}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,027 \end{aligned}$$

Penulangan pada plat

1. Tulangan Tumpuan Interior

- Menghitung kebutuhan tulangan awal

$$M_u = 4417841 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{4417841 \text{ Nmm}}{0,9} = 4908713 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{4908713 \text{ Nmm}}{1000 \times 95^2} = 0,544$$

$$p_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{13,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,45 \times 0,544}{400}} \right)$$

$$= 0,0014$$

Cek :

$$P_{\min} < P < P_{\max}$$

$$0,0035 < 0,0014 < 0,024 \text{ (No Oke)}$$

Karena tidak memenuhi maka dipakai nilai p min
(**SNI 2847-2013 Pasal 10.5.1**).

$$As_{\text{perlu}} = p \times bw \times d$$

$$As_{\text{perlu}} = 0,0035 \times 1000 \text{ mm} \times 95 \text{ mm}$$

$$As_{\text{perlu}} = 332,5 \text{ mm}^2$$

Syarat spasi antar tulangan : $S_{\max} \leq 2h$

(**SNI 03-2847-2013 Pasal 13.3.1**)

$$S_{\max} = 2 \times 120 \text{ mm} = 240 \text{ mm}$$

Dicoba tulangan D10 – 200 mm maka diperoleh As pasang =
393 mm²

$$As_{\text{pasang}} > As_{\text{perlu}}$$

$$393 \text{ mm}^2 > 332,5 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

- Tulangan Susut

(**SNI 03-2847-2013 Pasal 7.12.2.1**)

$$A_{sb} = psusut \times bw \times h$$

$$A_{sb} = 0,002 \times 1000 \text{ mm} \times 120 \text{ mm} = 240 \text{ mm}^2$$

Syarat spasi antar tulangan untuk tulangan susut tidak boleh urang dari yang terkecil dibawah ini :

$$S_{\max} = 5h$$

$$S_{\max} = 5 \times 120 \text{ mm} = 600 \text{ mm}$$

$$S_{\max} = 450 \text{ mm}$$

(SNI 03-2847-2013 Pasal 7.12.2.2)

Dicoba tulangan susut D10 – 200 mm maka diperoleh A_s pasang = 393 mm²

$$A_{s_{\text{pasang}}} > A_{sb}$$

$$393 \text{ mm}^2 > 240 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

2. Tulangan Lapangan

- Menghitung kebutuhan tulangan awal

$$M_u = 3040000 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{3040000 \text{ Nmm}}{0,9} = 3374740 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{3374740 \text{ Nmm}}{1000 \times 95^2} = 0,374$$

$$\begin{aligned} p_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,45 \times 0,374}{400}} \right) \\ &= 0,0009 \end{aligned}$$

Cek :

$$p_{\min} < p < p_{\max}$$

$$0,0035 < 0,0009 < 0,024 \text{ (No Oke)}$$

Karena tidak memenuhi maka dipakai nilai p_{\min}

(SNI 2847-2013 Pasal 10.5.1).

$$A_{s_{\text{perlu}}} = p \times b \times w \times d$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = 0,0035 \times 1000 \text{ mm} \times 95 \text{ mm}$$

$$A_{s_{perlu}} = 332,5 \text{ mm}^2$$

Syarat spasi antar tulangan : $S_{maks} \leq 2h$

(SNI 03-2847-2013 Pasal 13.3.1)

$$S_{maks} = 2 \times 120 \text{ mm} = 240 \text{ mm}$$

Dicoba tulangan D10 – 200 mm maka diperoleh A_s pasang = 393 mm^2

$$A_{s_{pasang}} > A_{s_{perlu}}$$

$$393 \text{ mm}^2 > 332,5 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

- Tulangan Susut

(SNI 03-2847-2013 Pasal 7.12.2.1)

$$A_{sb} = p_{susut} \times b_w \times h$$

$$A_{sb} = 0,002 \times 1000 \text{ mm} \times 120 \text{ mm} = 240 \text{ mm}^2$$

Syarat spasi antar tulangan untuk tulangan susut tidak boleh urang dari yang terkecil dibawah ini :

$$S_{max} = 5h$$

$$S_{max} = 5 \times 120 \text{ mm} = 600 \text{ mm}$$

$$S_{max} = 450 \text{ mm}$$

(SNI 03-2847-2013 Pasal 7.12.2.2)

Dicoba tulangan susut D10 – 200 mm maka diperoleh A_s pasang = 393 mm^2

$$A_{s_{pasang}} > A_{sb}$$

$$393 \text{ mm}^2 > 240 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

3. Tulangan Tumpuan Eksterior

- Menghitung kebutuhan tulangan awal

$$M_u = 4860000 \text{ Nmm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{4860000 \text{ Nmm}}{0,9} = 5400000 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{5400000 \text{ Nmm}}{1000 \times 95^2} = 0,59$$

$$\begin{aligned} p_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{Fy}} \right) \\ &= \frac{1}{13,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,45 \times 0,59}{400}} \right) \\ &= 0,0015 \end{aligned}$$

Cek :

$$p_{\min} < p < p_{\max}$$

$$0,0035 < 0,0015 < 0,027 \text{ (No Oke)}$$

Karena tidak memenuhi maka dipakai nilai p_{\min}
(**SNI 2847-2013 Pasal 10.5.1**).

$$As_{\text{perlu}} = p \times bw \times d$$

$$As_{\text{perlu}} = 0,0035 \times 1000 \text{ mm} \times 95 \text{ mm}$$

$$As_{\text{perlu}} = 332,5 \text{ mm}^2$$

Syarat spasi antar tulangan : $S_{\max} \leq 2h$

(**SNI 03-2847-2013 Pasal 13.3.1**)

$$S_{\max} = 2 \times 120 \text{ mm} = 240 \text{ mm}$$

Dicoba tulangan D10 – 200 mm maka diperoleh $As_{\text{pasang}} = 393 \text{ mm}^2$

$$As_{\text{pasang}} > As_{\text{perlu}}$$

$$393 \text{ mm}^2 > 332,5 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

- Tulangan Susut

(SNI 03-2847-2013 Pasal 7.12.2.1)

$$A_{sb} = p_{susut} \times b_w \times h$$

$$A_{sb} = 0,002 \times 1000mm \times 120mm = 240mm^2$$

Syarat spasi antar tulangan untuk tulangan susut tidak boleh kurang dari yang terkecil dibawah ini :

$$S_{max} = 5h$$

$$S_{max} = 5 \times 120mm = 600mm$$

$$S_{max} = 450mm$$

(SNI 03-2847-2013 Pasal 7.12.2.2)

Dicoba tulangan susut D10 – 200 mm maka diperoleh A_s pasang = 393 mm²

$$A_{s_{pasang}} > A_{sb}$$

$$393mm^2 > 240mm^2 \text{ (memenuhi)}$$

4. Cek jarak tulangan terhadap kontrol retak

Pengecekan jarak tulangan terhadap kontrol retak dilakukan berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 10.6.4.

$$syarat : s = 380 \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2,5.Cc \text{ dan tidak melebihi } 300 \left(\frac{280}{f_s} \right)$$

$$f_s = \frac{2}{3} \cdot f_y = \frac{2}{3} \cdot (400) = 266,7Mpa$$

$$Cc = cover = 20 \text{ mm.}$$

Keterangan :

c_c :Jarak terkecil dari permukaan tulangan atau baja prategang ke muka tarik

f_s :tegangan tarik yang dihitung dalam tulangan saat beban layan MPa

$$s = 380 \cdot \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2,5 \cdot Cc = 380 \cdot \left(\frac{280}{266,7} \right) - 2,5 \cdot 20 = 349 \text{ mm}$$

$$300 \cdot \left(\frac{280}{f_s} \right) = 300 \cdot \left(\frac{280}{266,7} \right) = 315 \text{ mm}$$

jarak antar tulangan = 200 mm (lebih kecil dari batas s, OK)

7.1.2 Perhitungan Penulangan Plat 2 Arah

Pada analisa perhitungan plat 2 arah yang ditinjau adalah pada pelat lantai tipe 1 ukuran 3,65 m x 2,75 m dengan fungsi ruang sebagai ruang hunian. Besarnya beban-beban yang bekerja diambil dari ASCE 7-2002 Tabel C3.

1. Beban Mati :

- Berat sendiri pelat = tebal pelat x γ' beton = 0,12 cm
x 23,6 kN/m² = 2,8224 kN/m²
- Beban keramik+spesi = 1,1 kN/m²
- Beban ducting mekanikal = 0,19 kN/m²
- Beban plafond = 0,05 kN/m²
- Beban penggantung plafond = 0,1 kN/m²
- Total beban mati = 4,26 kN/m²

2. Beban hidup

Beban hidup lantai koridor = 1,92 kN/m²

3. Beban ultimit :

$$1,2D + 1,6L = 1,2 (4,26) + 1,6 (1,92) = 8,19 \text{ kN/m}^2$$

4. Perhitungan Tulangan Pelat

a. Data Perencanaan :

Tipe Pelat	= 1
Bentang sumbu pendek (Lx)	= 2,75 m
Bentang sumbu panjang (Ly)	= 3,65 m
Mutu beton (f_c')	= 35 Mpa
Mutu Baja (f_y)	= 400 Mpa
β_1	= 0,80

$$\phi = 0,9$$

(SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.1)

$$\text{Tebal pelat (h)} = 120 \text{ mm}$$

$$dx = 95 \text{ mm}$$

$$dy = 85 \text{ mm}$$

(SNI 03-2847-2013 Pasal 7.12)

$$\emptyset \text{ tulangan lentur} = 10 \text{ mm}$$

$$\emptyset \text{ tulangan Susut} = 10 \text{ mm}$$

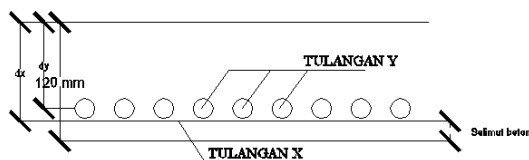
$$\text{Decking} = 20 \text{ mm}$$

(SNI 03-2847-2013 Pasal 7.7.2)

Rasio sumbu panjang dan sumbu pendek bentang pelat:

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{3,65m}{2,75m} = 1,32 < 2 \text{ (two way)}$$

b. Tebal manfaat



$$dx = \text{tebal pelat} - \text{tebal selimut} - \frac{1}{2} \emptyset$$

$$dx = 120 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 10 \text{ mm} \right)$$

$$dx = 95 \text{ mm}$$

$$dy = \text{tebal pelat} - \text{tebal selimut} - \emptyset - \frac{1}{2} \emptyset$$

$$dy = 120 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 10 \text{ mm} \right)$$

$$dy = 85 \text{ mm}$$

- c. Momen-momen pada pelat yang terjadi :
Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 13.6

Arah x :

$$M_{ox} = \frac{(8,19 \text{ kN/m}^2 \times 2,45 \text{ m}) \times (2,75 \text{ m})^2}{8} = 18,96 \text{ kNm}$$

$$M_{\text{interior}}^- = 0,65 \times 18,96 \text{ kNm} = 12,33 \text{ kNm}$$

$$M^+ = 0,35 \times 18,96 \text{ kNm} = 6,64 \text{ kNm}$$

Pembagian distribusi momen pada lajur tengah dan kolom
 :

- $M_{\text{interior}}^- \rightarrow \alpha_1 > 1$ dan $l_2/l_1 = 0,75$
 $M_i \text{ lajur kolom} = 0,75 \times 12,33 \text{ kNm} = 9,2 \text{ kNm}$

$$M_i / \text{satuan lebar} = \frac{9,2 \text{ kNm}}{0,68 + 0,68} = 6,72 \text{ kNm}$$

$$M_i \text{ lajur tengah} = 0,25 \times 9,2 \text{ kNm} = 1,68 \text{ kNm}$$

- $M_{\text{interior}}^+ \rightarrow \alpha_1 > 1$ dan $l_2/l_1 = 0,75$
 $M^+ \text{ lajur kolom} = 0,75 \times 6,64 \text{ kNm} = 5,0 \text{ kNm}$

$$M^+ / \text{satuan lebar} = \frac{5,0 \text{ kNm}}{0,68 + 0,68} = 3,62 \text{ kNm}$$

$$M^+ \text{ lajur tengah} = 0,25 \times 6,64 \text{ kNm} = 1,4 \text{ kNm}$$

Arah y :

$$M_{oy} = \frac{(8,19 \text{ kN/m}^2 \times 3,3 \text{ m}) \times (2,75 \text{ m})^2}{8} = 44,99 \text{ kNm}$$

$$M_{\text{interior}}^- = 0,65 \times 44,99 \text{ kNm} = 29,25 \text{ kNm}$$

$$M^+ = 0,35 \times 44,98 \text{ kNm} = 15,75 \text{ kNm}$$

Pembagian distribusi momen pada lajur tengah dan kolom
 :

- $M_{\text{interior}}^- \rightarrow \alpha_1 > 1$ dan $l_2/l_1 = 1,3$
 $M_i \text{ lajur kolom} = 0,65 \times 29,25 \text{ kNm} = 21,9 \text{ kNm}$

$$M_i / \text{satuan lebar} = \frac{21,9 \text{ kNm}}{0,913 + 0,913} = 12,02 \text{ kNm}$$

$$M_i \text{ lajur tengah} = 0,35 \times 29,25 \text{ kNm} = 4,81 \text{ kNm}$$

- Momen⁺ $\rightarrow \alpha_1 > 1$ dan $l_2/l_1 = 1,3$

$$M^+ \text{ lajur kolom} = 0,65 \times 15,75 \text{ kNm} = 11,8 \text{ kNm}$$

$$M^+ / \text{satuan lebar} = \frac{11,8 \text{ kNm}}{0,913 + 0,913} = 6,47 \text{ kNm}$$

$$M_i \text{ lajur tengah} = 0,35 \times 15,75 \text{ kNm} = 2,59 \text{ kNm}$$

d. Tulangan minimum dan maksimum

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,45$$

$$p_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} p_{\max} &= 0,75 \times \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= 0,75 \times \frac{0,85 \times 0,80 \times 35}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\ &= 0,027 \end{aligned}$$

Penulangan pada plat

1. Tulangan Arah x

- Tulangan Negatif Lajur Kolom.

Menghitung kebutuhan tulangan awal :

$$M_u = 6720000 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{6720000 \text{ Nmm}}{0,9} = 7470556,84 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{7470556,84 \text{ Nmm}}{1000 \times 95^2} = 0,83$$

$$\begin{aligned}
 p_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{F_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{13,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,45 \times 0,83}{400}} \right) \\
 &= 0,0015
 \end{aligned}$$

Cek :

$$p_{\min} < p < p_{\max}$$

$$0,0035 < 0,0021 < 0,024 \text{ (No Oke)}$$

Karena tidak memenuhi maka dipakai nilai p_{\min}
(***SNI 2847-2013 Pasal 10.5.1***).

$$A_{s_{\text{perlu}}} = p \times bw \times d$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = 0,0035 \times 1000 \text{ mm} \times 95 \text{ mm}$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = 332,5 \text{ mm}^2$$

Syarat spasi antar tulangan : $S_{\max} \leq 2h$

(***SNI 03-2847-2013 Pasal 13.3.1***)

$$S_{\max} = 2 \times 120 \text{ mm} = 240 \text{ mm}$$

Dicoba tulangan D10 – 200 mm maka diperoleh A_s pasang
= 393 mm²

$$A_{s_{\text{pasang}}} > A_{s_{\text{perlu}}}$$

$$393 \text{ mm}^2 > 332,5 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

- ***Tulangan positif Lajur Kolom.***

Menghitung kebutuhan tulangan awal :

$$Mu = 3620000 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{Mu}{\phi} = \frac{3620000 \text{ Nmm}}{0,9} = 4022607,53 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{4022607,53 \text{ Nmm}}{1000 \times 95^2} = 0,44$$

$$\begin{aligned} p_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,45 \times 0,44}{400}} \right) \\ &= 0,0011 \end{aligned}$$

Cek :

$$p_{\min} < p < p_{\max}$$

$$0,0035 < 0,0011 < 0,027 \text{ (No Oke)}$$

Karena tidak memenuhi maka dipakai nilai p_{\min}
(SNI 2847-2013 Pasal 10.5.1).

$$A_{s_{\text{perlu}}} = p \times b \times d$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = 0,0035 \times 1000 \text{ mm} \times 95 \text{ mm}$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = 332,5 \text{ mm}^2$$

Syarat spasi antar tulangan : $S_{\max} \leq 2h$

(SNI 03-2847-2013 Pasal 13.3.1)

$$S_{\max} = 2 \times 120 \text{ mm} = 240 \text{ mm}$$

Dicoba tulangan D10 – 200 mm maka diperoleh A_s pasang
= 393 mm^2

$$A_{s_{\text{pasang}}} > A_{s_{\text{perlu}}}$$

$$393 \text{ mm}^2 > 332,5 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

- Tulangan Negatif Lajur Tengah.

Menghitung kebutuhan tulangan awal :

$$Mu = 1680000 \text{ Nmm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{1680000 \text{ Nmm}}{0,9} = 1867639,2 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{1867639,2 \text{ Nmm}}{1000 \times 95^2} = 0,21$$

$$\begin{aligned} P_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,45 \times 0,21}{400}} \right) \\ &= 0,0005 \end{aligned}$$

Cek :

$$P_{\min} < P < P_{\max}$$

$$0,0035 < 0,0005 < 0,027 \text{ (No Oke)}$$

Karena tidak memenuhi maka dipakai nilai p min
(SNI 2847-2013 Pasal 10.5.1).

$$As_{\text{perlu}} = p \times bw \times d$$

$$As_{\text{perlu}} = 0,0035 \times 1000 \text{ mm} \times 95 \text{ mm}$$

$$As_{\text{perlu}} = 332,5 \text{ mm}^2$$

Syarat spasi antar tulangan : $S_{\max} \leq 2h$

(SNI 03-2847-2013 Pasal 13.3.1)

$$S_{\max} = 2 \times 120 \text{ mm} = 240 \text{ mm}$$

Dicoba tulangan D10 – 200 mm maka diperoleh As pasang
= 393 mm²

$$As_{pasang} > As_{perlu}$$

$$393mm^2 > 332,5mm^2 \text{ (memenuhi)}$$

- Tulangan Positif Lajur Tengah.

Menghitung kebutuhan tulangan awal :

$$Mu = 1450000 \text{ Nmm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{1450000 \text{ Nmm}}{0,9} = 11609043,03 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{1867639,2 \text{ Nmm}}{1000 \times 95^2} = 0,21$$

$$\begin{aligned} p_{perlu} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,45 \times 0,21}{400}} \right) \\ &= 0,0005 \end{aligned}$$

Cek :

$$p_{\min} < p < p_{\max}$$

$$0,0035 < 0,0005 < 0,024 \text{ (No Oke)}$$

Karena tidak memenuhi maka dipakai nilai p min
(SNI 2847-2013 Pasal 10.5.1).

$$As_{perlu} = p \times bw \times d$$

$$As_{perlu} = 0,0035 \times 1000 \text{ mm} \times 95 \text{ mm}$$

$$As_{perlu} = 332,5 \text{ mm}^2$$

Syarat spasi antar tulangan : $S_{maks} \leq 2h$

(SNI 03-2847-2013 Pasal 13.3.1)

$$S_{\max} = 2 \times 120 \text{ mm} = 240 \text{ mm}$$

Dicoba tulangan D10 – 200 mm maka diperoleh A_s pasang = 393 mm^2

$$A_{s_{\text{pasang}}} > A_{s_{\text{perlu}}}$$

$$393 \text{ mm}^2 > 332,5 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

2. Tulangan Arah y

- Tulangan Negatif Lajur Kolom.

Menghitung kebutuhan tulangan awal :

$$M_u = 12020000 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{12020000 \text{ Nmm}}{0,9} = 13355527,11 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{13355527,11 \text{ Nmm}}{1000 \times 95^2} = 1,48$$

$$\begin{aligned} p_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,45 \times 1,48}{400}} \right) \\ &= 0,0038 \end{aligned}$$

Cek :

$$p_{\min} < p < p_{\max}$$

$$0,0035 < 0,0038 < 0,027 \text{ (No Oke)}$$

Karena tidak memenuhi maka dipakai nilai p_{\min} (SNI 2847-2013 Pasal 10.5.1).

$$A_{s_{perlu}} = p \times bw \times d$$

$$A_{s_{perlu}} = 0,0038 \times 1000 \text{ mm} \times 95 \text{ mm}$$

$$A_{s_{perlu}} = 362,30 \text{ mm}^2$$

Syarat spasi antar tulangan : $S_{maks} \leq 2h$

(SNI 03-2847-2013 Pasal 13.3.1)

$$S_{maks} = 2 \times 120 \text{ mm} = 240 \text{ mm}$$

Dicoba tulangan D10 – 200 mm maka diperoleh A_s

$$pasang = 393 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{pasang}} > A_{s_{perlu}}$$

$$393 \text{ mm}^2 > 332,5 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

- Tulangan positif Lajur Kolom.

Menghitung kebutuhan tulangan awal :

$$Mu = 6470000 \text{ Nmm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{6470000 \text{ Nmm}}{0,9} = 7191437,138 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{7191437,138 \text{ Nmm}}{1000 \times 95^2} = 0,797$$

$$\begin{aligned} p_{perlu} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,45 \times 0,797}{400}} \right) \\ &= 0,00202 \end{aligned}$$

Cek :

$$P_{\min} < P < P_{\max}$$

$$0,0035 < 0,00202 < 0,027 \text{ (No Oke)}$$

Karena tidak memenuhi maka dipakai nilai p_{\min}
(**SNI 2847-2013 Pasal 10.5.1**).

$$A_{s_{\text{perlu}}} = p \times b w \times d$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = 0,0035 \times 1000 \text{ mm} \times 95 \text{ mm}$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = 332,5 \text{ mm}^2$$

Syarat spasi antar tulangan : $S_{\max} \leq 2h$
(**SNI 03-2847-2013 Pasal 13.3.1**)

$$S_{\max} = 2 \times 120 \text{ mm} = 240 \text{ mm}$$

Dicoba tulangan D10 – 200 mm maka diperoleh A_s pasang
 $= 393 \text{ mm}^2$

$$A_{s_{\text{pasang}}} > A_{s_{\text{perlu}}}$$

$$393 \text{ mm}^2 > 332,5 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

- **Tulangan Negatif Lajur Tengah.**

Menghitung kebutuhan tulangan awal :

$$M_u = 4810000 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{4810000 \text{ Nmm}}{0,9} = 5342210,45 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{5342210,45 \text{ Nmm}}{1000 \times 95^2} = 0,59$$

$$p_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{13,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,45 \times 0,59}{400}} \right)$$

$$= 0,0015$$

Cek :

$$P_{\min} < P < P_{\max}$$

$$0,0035 < 0,0015 < 0,027 \text{ (No Oke)}$$

Karena tidak memenuhi maka dipakai nilai p_{\min}
(***SNI 2847-2013 Pasal 10.5.1***).

$$A_{s_{\text{perlu}}} = p \times b \times d$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = 0,0035 \times 1000 \text{ mm} \times 95 \text{ mm}$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = 332,5 \text{ mm}^2$$

Syarat spasi antar tulangan : $S_{\max} \leq 2h$

(***SNI 03-2847-2013 Pasal 13.3.1***)

$$S_{\max} = 2 \times 120 \text{ mm} = 240 \text{ mm}$$

Dicoba tulangan D10 – 200 mm maka diperoleh A_s pasang
= 393 mm^2

$$A_{s_{\text{pasang}}} > A_{s_{\text{perlu}}}$$

$$393 \text{ mm}^2 > 332,5 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

- **Tulangan Positif Lajur Tengah.**

Menghitung kebutuhan tulangan awal :

$$M_u = 2590000 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{2590000 \text{ Nmm}}{0,9} = 2876574,855 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{2876574,855 \text{ Nmm}}{1000 \times 95^2} = 0,319$$

$$\begin{aligned}
 p_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{Fy}} \right) \\
 &= \frac{1}{13,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,45 \times 0,319}{400}} \right) \\
 &= 0,0008
 \end{aligned}$$

Cek :

$$P_{\min} < P < P_{\max}$$

$$0,0035 < 0,0008 < 0,027 \text{ (No Oke)}$$

Karena tidak memenuhi maka dipakai nilai p_{\min}
(**SNI 2847-2013 Pasal 10.5.1**).

$$As_{\text{perlu}} = p \times bw \times d$$

$$As_{\text{perlu}} = 0,0035 \times 1000 \text{ mm} \times 95 \text{ mm}$$

$$As_{\text{perlu}} = 332,5 \text{ mm}^2$$

Syarat spasi antar tulangan : $S_{\max} \leq 2h$

(**SNI 03-2847-2013 Pasal 13.3.1**)

$$S_{\max} = 2 \times 120 \text{ mm} = 240 \text{ mm}$$

Dicoba tulangan D10 – 200 mm maka diperoleh As_{pasang}
 $= 393 \text{ mm}^2$

$$As_{\text{pasang}} > As_{\text{perlu}}$$

$$393 \text{ mm}^2 > 332,5 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

3. Cek jarak tulangan terhadap kontrol retak

Pengecekan jarak tulangan terhadap kontrol retak dilakukan berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 10.6.4.

$$\text{syarat : } s = 380 \cdot \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2,5 \cdot C_c \text{ dan tidak melebihi } 300 \cdot \left(\frac{280}{f_s} \right)$$

$$f_s = \frac{2}{3} \cdot f_y = \frac{2}{3} \cdot (400) = 266,7 \text{ Mpa}$$

$$C_c = \text{cover} = 20 \text{ mm.}$$

Keterangan :

c_c : Jarak terkecil dari permukaan tulangan atau baja prategang ke muka tarik

f_s : tegangan tarik yang dihitung dalam tulangan saat beban layan MPa

$$s = 380 \cdot \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2,5 \cdot C_c = 380 \cdot \left(\frac{280}{266,7} \right) - 2,5 \cdot 20 = 349 \text{ mm}$$

$$300 \cdot \left(\frac{280}{f_s} \right) = 300 \cdot \left(\frac{280}{266,7} \right) = 315 \text{ mm}$$

jarak antar tulangan = 200 mm (lebih kecil dari batas s, OK)

Tabel 7. 1 Rekapitulasi Tulangan Plat.

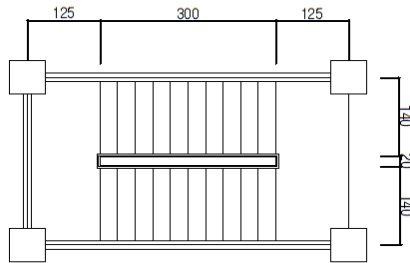
Tipe	Ly	Lx	Ly/Lx	Arah	Kesimpulan				
					Tump X	Tump Y	Lap X	Lap Y	Susut
	m	m			mm	mm	mm	mm	mm
1	3.65	2.75	1.33	Dua Arah	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	-
2	2.75	1.95	1.41	Dua Arah	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	-
3	5.65	1.95	2.90	Satu Arah	D10 - 200	-	D10 - 200	-	D10 - 200
4	3	1.95	1.54	Dua Arah	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	-
5	4.5	1.95	2.31	Satu Arah	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	-
6	3.3	2.7	1.22	Dua Arah	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	-
7	3.3	1.8	1.83	Dua Arah	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	-
8	4.8	2.4	2.00	Satu Arah	D10 - 200	-	D10 - 200	-	D10 - 200
9	3.8	3.3	1.15	Dua Arah	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	-
10	2.6	2.5	1.04	Dua Arah	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	-
11	2.7	1.2	2.25	Satu Arah	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	-
12	1.8	1.2	1.50	Dua Arah	D10 - 200	-	D10 - 200	-	D10 - 200
13	2.2	1.4	1.57	Dua Arah	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	-
14	3.65	1.5	2.43	Satu Arah	D10 - 200	-	D10 - 200	-	D10 - 200
15	3	1.25	2.40	Satu Arah	D10 - 200	-	D10 - 200	-	D10 - 200
16	2.15	1	2.15	Satu Arah	D10 - 200	-	D10 - 200	-	D10 - 200
17	3.65	3.65	1.00	Dua Arah	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	-
18	3.65	1.95	1.87	Dua Arah	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	-
19	3.65	1.85	1.97	Dua Arah	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	-
20	1.95	1.85	1.05	Dua Arah	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	-
21	5.6	1.5	3.73	Satu Arah	D10 - 200	-	D10 - 200	-	D10 - 200

Tabel 7. 2 Rekapitulasi Tulangan Plat

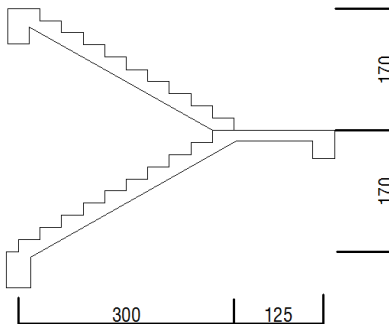
Tipe	Ly	Lx	Ly/Lx	Arah	Kesimpulan				
					Tump X	Tump Y	Lap X	Lap Y	Susut
	m	m			mm	mm	mm	mm	mm
22	4	1.95	2.05	Satu Arah	D10 - 200	-	D10 - 200	-	D10 - 200
23	1.95	1.6	1.22	Dua Arah	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	-
24	5.5	2.8	1.96	Dua Arah	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	-
25	1.95	1.85	1.05	Dua Arah	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	-
26	4.5	2.6	1.73	Dua Arah	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	-
27	4.5	1.9	2.37	Satu Arah	D10 - 200	-	D10 - 200	-	D10 - 200
28	2.5	1.9	1.32	Dua Arah	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	-
29	2.6	2.5	1.04	Dua Arah	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	-
30	5.5	3	1.83	Dua Arah	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	-
31	3	1.5	2.00	Satu Arah	D10 - 200	-	D10 - 200	-	D10 - 200
32	2.15	1	2.15	Satu Arah	D10 - 200	-	D10 - 200	-	D10 - 200
33	1.5	1	1.5	Dua Arah	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	-
34	4	1.95	2.05	Satu Arah	D10 - 200	-	D10 - 200	-	D10 - 200

7.2. Perhitungan Plat Tangga dan Bordes

Tangga merupakan salah satu elemen konstruksi yang berfungsi sebagai penghubung antar lantai dalam bangunan gedung, sedangkan tangga sendiri ada beberapa macam tipe. Berikut merupakan erencanaan penulangan tangga dan bordes dimana gaya yang terjadi diambil dari output SAP 2000.



Gambar 7. 2 Tampak Atas Tangga



Gambar 7. 1 Tampak Samping Tangga

7.2.1 Perhitungan Penulangan Plat Tangga

a. Data perencanaan :

Tipe Tangga	= 1
Mutu beton (f_c')	= 35 Mpa
Mutu Baja (f_y)	= 400 Mpa
β_1	= 0,80
ϕ	= 0,9

(SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.1)

Tebal pelat (h)	= 150 mm
D-tulangan lentur	= 13 mm
Decking	= 20 mm

(SNI 03-2847-2013 Pasal 7.7.2)

b. Tebal manfaat

$$dx = \text{tebal pelat} - \text{tebal selimut} - \frac{1}{2} \phi$$

$$dx = 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 13 \text{ mm}\right)$$

$$dx = 123,5 \text{ mm}$$

$$dy = \text{tebal pelat} - \text{tebal selimut} - \frac{1}{2} \phi$$

$$dy = 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 13 \text{ mm}\right)$$

$$dy = 110,5 \text{ mm}$$

c. Momen-momen pada plat yang terjadi yang diambil dari SAP 2000.

$$M_{11} = 47272800 \text{ Nmm}$$

$$M_{22} = 27113300 \text{ Nmm}$$

d. Tulangan minimum dan maksimum

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,45$$

$$p_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} p_{\max} &= 0,75 \times \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= 0,75 \times \frac{0,85 \times 0,80 \times 35}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,027 \end{aligned}$$

Perhitungan penulangan

1. Tulangan Arah x

$$M_{11} = Mu = 47272800 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{Mu}{\phi} = \frac{47272800 \text{ Nmm}}{0,9} = 52525333,33 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{52525333,33 \text{ Nmm}}{1000 \times 110,5^2} = 3,444$$

$$\begin{aligned} p_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,45 \times 3,444}{400}} \right) \\ &= 0,009 \end{aligned}$$

Cek :

$$p_{\min} < p < p_{\max}$$

$$0,0035 < 0,009 < 0,027 \text{ (Oke)}$$

Karena memenuhi maka dipakai nilai p perlu

$$As_{perlu} = p \times bw \times d$$

$$As_{perlu} = 0,009 \times 1000mm \times 123,5mm$$

$$As_{perlu} = 1133,16mm^2$$

Syarat spasi antar tulangan : $S_{maks} \leq 2h$

SNI 03-2847-2013 Pasal 13.3.1)

$$S_{max} = 2 \times 150 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$$

Dicoba tulangan D13 – 100 mm maka diperoleh As pasang
 $= 1326,65 \text{ mm}^2$

$$As_{pasang} > As_{perlu}$$

$$1326,65mm^2 > 1133,16mm^2 \text{ (memenuhi)}$$

2. Tulangan Arah y

$$M_{22} = Mu = 27113300Nmm$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{27113300Nmm}{0,9} = 30125888,89Nmm$$

$$R_n = \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{30125888,89Nmm}{1000 \times 110,5^2} = 2,467$$

$$\begin{aligned} p_{perlu} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,45 \times 2,467}{400}} \right) \\ &= 0,006 \end{aligned}$$

Cek :

$$p_{min} < p < p_{max}$$

$$0,0035 < 0,006 < 0,027 \text{ (Oke)}$$

Karena tidak memenehuhi maka dipakai nilai p min

(SNI 2847-2013 Pasal 10.5.1).

$$A_{s_{perlu}} = p \times b_w \times d$$

$$A_{s_{perlu}} = 0,006 \times 1000 \text{ mm} \times 110,5 \text{ mm}$$

$$A_{s_{perlu}} = 796,282 \text{ mm}^2$$

Syarat spasi antar tulangan : $S_{maks} \leq 2h$

(SNI 03-2847-2013 Pasal 13.3.1)

$$S_{max} = 2 \times 150 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$$

Dicoba tulangan D13 – 150 mm maka diperoleh A_s pasang
 $= 884,4 \text{ mm}^2$

$$A_{s_{pasang}} > A_{s_{perlu}}$$

$$884,4 \text{ mm}^2 > 796,282 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

7.2.2 Perhitungan Penulangan Plat Bordes

Berikut merupakan perencanaan penulangan pelat bordes dimana momen yang terjadi diambil dari hasil output SAP 2000.

a. Data perencanaan :

Tebal pelat bordes (h) = 150 mm

Mutu beton (f_c') = 35 Mpa

Mutu Baja (f_y) = 400 Mpa

b = 1000 mm

β_1 = 0,80

ϕ = 0,9

(SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.1)

\emptyset tulangan lentur = 13 mm

Decking = 20 mm

(SNI 03-2847-2013 Pasal 7.7.2)

b. Tebal manfaat

$$dx = \text{tebal pelat} - \text{tebal selimut} - \frac{1}{2} \phi$$

$$dx = 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 13 \text{ mm}\right)$$

$$dx = 123,5 \text{ mm}$$

$$dy = \text{tebal pelat} - \text{tebal selimut} - \phi - \frac{1}{2} \phi$$

$$dy = 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 13 \text{ mm}\right)$$

$$dy = 110,5 \text{ mm}$$

c. Momen-momen pada plat yang terjadi yang diambil dari SAP 2000.

$$M_{11} = 29855200 \text{ Nmm}$$

$$M_{22} = 18652700 \text{ Nmm}$$

d. Tulangan minimum dan maksimum

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,45$$

$$p_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} p_{\max} &= 0,75 \times \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= 0,75 \times \frac{0,85 \times 0,80 \times 35}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\ &= 0,027 \end{aligned}$$

Perhitungan Penulangan

1. Tulangan Arah x

$$M_{11} = M_u = 29855200 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{Mu}{\phi} = \frac{29855200 Nmm}{0,9} = 33172444,44 Nmm$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{33172444,44 Nmm}{1000 \times 123,5^2} = 2,175$$

$$\begin{aligned} p_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,45 \times 2,175}{400}} \right) \\ &= 0,006 \end{aligned}$$

Cek :

$$\begin{aligned} P_{\min} &< P < P_{\max} \\ 0,0035 &< 0,006 < 0,024 \text{ (Oke)} \end{aligned}$$

Karena memenuhi maka dipakai nilai p perlu

$$A_{s_{\text{perlu}}} = p \times b \times d$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = 0,006 \times 1000 \text{ mm} \times 123,5 \text{ mm}$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = 698,03 \text{ mm}^2$$

Syarat spasi antar tulangan : $S_{\max} \leq 2h$

(SNI 03-2847-2013 Pasal 13.3.1)

$$S_{\max} = 2 \times 150 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$$

Dicoba tulangan D13 – 150 mm maka diperoleh A_s

$$\text{pasang} = 884,433 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{\text{pasang}}} > A_{s_{\text{perlu}}}$$

$$884,433 \text{ mm}^2 > 698,03 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

2. Tulangan Arah y

$$M_{22} = Mu = 18652700 Nmm$$

$$M_n = \frac{Mu}{\phi} = \frac{18652700 Nmm}{0,9} = 20725222,22 mm$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{20725222,22 Nmm}{1000 \times 110,5^2} = 1,697$$

$$\begin{aligned} P_{perlu} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,45 \times 1,697}{400}} \right) \\ &= 0,004 \end{aligned}$$

Cek :

$$P_{\min} < P < P_{\max}$$

$$0,0035 < 0,004 < 0,024 \text{ (Oke)}$$

Karena tidak memenuhi maka dipakai nilai p_{\min} (**SNI 2847-2013 Pasal 10.5.1**).

$$A_{s_{perlu}} = p \times b \times d$$

$$A_{s_{perlu}} = 0,004 \times 1000 mm \times 110,5 mm$$

$$A_{s_{perlu}} = 432,25 mm^2$$

Syarat spasi antar tulangan : $S_{maks} \leq 2h$

(**SNI 03-2847-2013 Pasal 13.3.1**)

$$S_{maks} = 2 \times 150 mm = 300 mm$$

Dicoba tulangan D13 – 150 mm maka diperoleh A_s pasang = 884,433 mm²

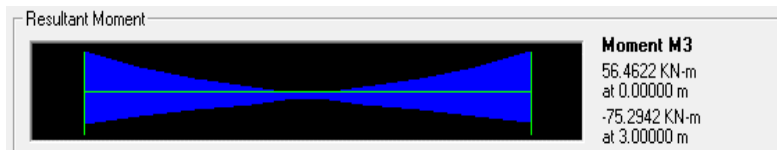
$$A_{s_{pasang}} > A_{s_{perlu}}$$

$$884,433 mm^2 > 432,25 mm^2 \text{ (memenuhi)}$$

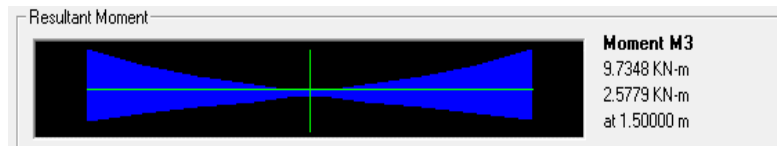
7.3 Perhitungan Penulangan Balok Bordes

Perhitungan penulangan Balok Bordes (30/45) dihitung dengan menggunakan hasil output gaya yang diperoleh dari analisa SAP 2000 dengan kombinasi Envelope. Untuk penulangan lentur pada daerah tumpuan kanan dan tumpuan kiri disamakan sehingga momen yang diambil adalah output momen yang terbesar. Berikut merupakan data perencanaan balok bordes :

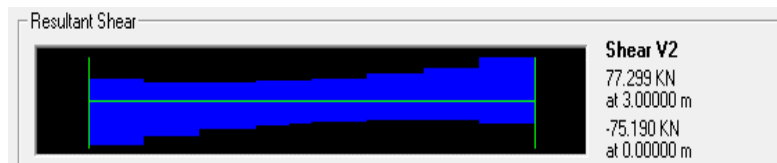
Hasil Output SAP 2000 :



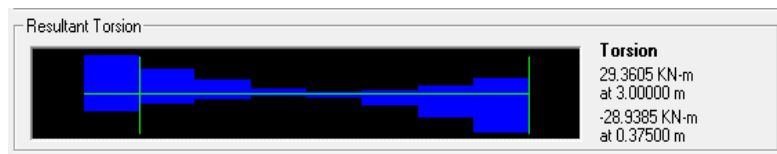
Momen Tumpuan = 75,2942 kNm



Momen Lapangan = 9,7348 kNm



Gaya Geser = 77,299 kN



Momen Torsi = 29,9365 kNm

A. Data Perencanaan Balok Bordes

Frame yang ditinjau	: 2719
Dimensi balok (b balok)	: 300 mm
Dimensi balok (h balok)	: 450 mm
Bentang balok (L)	: 3000 mm
Kuat Tekan Beton (f_c')	: 35 Mpa
Kuat Leleh Tul. Lentur (f_y)	: 400 Mpa
Kuat Leleh Tul. Geser (f_{yv})	: 400 Mpa
Diameter Tulangan Lentur	: D19
Diameter Tulangan Geser	: 10
Tebal selimut beton (t decking)	: 40 mm

(SNI 03-2847-2013 Pasal 7.7.1)

Faktor β_1 : 0.80

(SNI 03-2847-2013 Pasal 10.2.7.(3))

Faktor reduksi kekuatan lentur (ϕ) : 0,9

(SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.(1))

Faktor reduksi kekuatan geser (ϕ) : 0,75

(SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.(3))

Tinggi efektif balok :

$d = h - \text{decking} - D \text{ sengkang} - \frac{1}{2} D \text{ tul. lentur}$

$$d = 450 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 19 \text{ mm}\right)$$

$$d = 390,5 \text{ mm}$$

B. Tulangan Minimum dan Maksimum.

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,45$$

$$p_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$p_{\max} = 0,75 \times \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\begin{aligned}
&= 0,75 \times \frac{0,85 \times 0,80 \times 35}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\
&= 0,027
\end{aligned}$$

C. Perhitungan Tulangan Lentur Balok.

1. Penulangan Tulangan Tumpuan

$$Mu = 75294200 \text{ Nmm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{75294200 \text{ Nmm}}{0,9} = 83660222,22 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{83660222,22 \text{ Nmm}}{300 \text{ mm} \times (390,5 \text{ mm})^2} = 1,829$$

$$\begin{aligned}
p_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right) \\
&= \frac{1}{13,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,45 \times 1,829}{400}} \right) \\
&= 0,0047
\end{aligned}$$

Cek :

$$p_{\min} < p < p_{\max}$$

$$0,0035 < 0,0047 < 0,027 \text{ (Oke)}$$

Karena memenuhi maka dipakai nilai p_{perlu}

$$As_{\text{perlu}} = p \times bw \times d$$

$$As_{\text{perlu}} = 0,0047 \times 300 \text{ mm} \times 390,5 \text{ mm}$$

$$As_{\text{perlu}} = 553,16 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan 2D-19 $\rightarrow As = 567,06 \text{ mm}^2$

Kontrol jarak tulangan :

$$s = \frac{bw - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \text{sengkang}) - (n \times D.\text{lentur})}{n - 1}$$

$$s = \frac{300mm - (2 \times 40mm) - (2 \times 10mm) - (2 \times 19mm)}{2 - 1}$$

$$s = 162mm \geq 25mm....(Ok)$$

Kontrol kemampuan penampang :

$$a = \frac{As \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot bw} = \frac{567,06mm^2 \cdot 400Mpa}{0,85 \cdot 35Mpa \cdot 300mm} = 25,41mm$$

$$Mn = As \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) = 567,06mm^2 \cdot 400Mpa \left(390,5mm - \frac{25,41mm}{2} \right)$$

$$Mn = 85,69kNm$$

$$\phi Mn = 0,9 \cdot 85,69kNm = 77,12kNm$$

Cek :

$$\phi Mn > Mu$$

$$77,12 \text{ kNm} > 75,2924 \text{ kNm (Ok)}$$

2. Penulangan Tulangan Lapangan

$$Mu = 9734800 \text{ Nmm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{9734800 \text{ Nmm}}{0,9} = 10816444,44 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{10816444,44 \text{ Nmm}}{300mm \times (390,5mm)^2} = 0,236$$

$$\begin{aligned} p_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{F_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,45 \times 0,236}{400}} \right) \\ &= 0,0006 \end{aligned}$$

Cek :

$$p_{\min} < p < p_{\max}$$

$$0,0035 < 0,0006 < 0,024 \text{ (No Oke)}$$

Karena tidak memenuhi maka dipakai nilai p_{min}

$$As_{perlu} = p \times bw \times d$$

$$As_{perlu} = 0,0035 \times 300mm \times 390,5mm$$

$$As_{perlu} = 410,03mm^2$$

Digunakan tulangan 2D-19 $\rightarrow As = 567,06 mm^2$

Kontrol jarak tulangan :

$$s = \frac{bw - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \text{sengkang}) - (n \times D_{lentur})}{n - 1}$$

$$s = \frac{300mm - (2 \times 40mm) - (2 \times 10mm) - (2 \times 19mm)}{2 - 1}$$

$$s = 162mm \geq 25mm....(Ok)$$

Kontrol kemampuan penampang :

$$a = \frac{As \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot bw} = \frac{567,06mm^2 \cdot 400Mpa}{0,85 \cdot 35Mpa \cdot 300mm} = 25,41mm$$

$$Mn = As \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) = 567,06mm^2 \cdot 400Mpa \cdot \left(390,5mm - \frac{25,41mm}{2} \right)$$

$$Mn = 85,69kNm$$

$$\phi Mn = 0,9 \cdot 85,69kNm = 77,12kNm$$

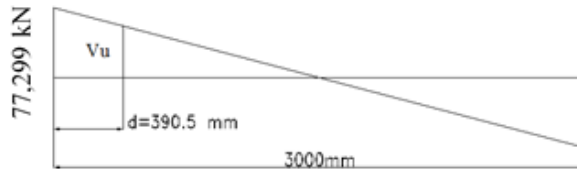
Cek :

$$\phi Mn > Mu$$

$$77,12 kNm > 9,73kNm \text{ (Ok)}$$

D. Perhitungan Tulangan Geser Balok

Gaya geser yang dipakai dalam perhitungan adalah gaya geser terfaktor, V_u sejarak d dari muka tumpuan sesuai **SNI 03-2847-2013 Pasal 11.1.3.1**



Gambar 7. 3 Diagram Gaya Geser Balok Bordes

- Wilayah Tumpuan (muka kolom – 2h)

$$V_{u1} = \frac{V_u}{l} \cdot \left(\frac{l}{2} - d \right)$$

$$V_{u1} = \frac{77,299 \text{ kN}}{3000 \text{ mm}} \cdot \left(\frac{3000 \text{ mm}}{2} - 390,5 \text{ mm} \right) = 57,18 \text{ kN}$$

Berdasarkan **SNI 03-2847-2013 Pasal 11.2.1.1** nilai V_c adalah :

$$V_c = 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d = 0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 300 \text{ mm} \cdot 390,5 \text{ mm} = 117,82 \text{ kN}$$

$$\phi \cdot V_c = 0,75 \cdot 117,82 \text{ kN} = 88,37 \text{ kN}$$

$$0,5 \cdot \phi \cdot V_c = 0,5 \cdot 88,37 \text{ kN} = 44,18 \text{ kN}$$

Kuat geser tulangan geser

$$V_{s \text{ min}} = 0,33 \cdot b_w \cdot d$$

$$V_{s \text{ min}} = 0,33 \cdot 300 \text{ mm} \cdot 390,5 \text{ mm} = 38,66 \text{ kN}$$

$$V_{s \text{ max}} = 0,33 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

$$V_s \max = 0,33 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 300 \text{ mm} \cdot 390,5 \text{ mm} = 462,05 \text{ kN}$$

Periksa kondisi geser pada penampang balok :

Kondisi 1

$$V_u \leq 0,5 \cdot \phi \cdot V_c$$

$$57,18 \text{ kN} \leq 44,18 \text{ kN} \text{ (Tidak Memenuhi)}$$

Kondisi 2

$$0,5 \cdot \phi \cdot V_c \leq V_u \leq \phi \cdot V_c$$

$$44,18 \text{ kN} \leq 57,18 \text{ kN} \leq 88,37 \text{ kN} \quad (\text{Memenuhi})$$

Karena, termasuk dalam kondisi 2, maka perlu tulangan geser minimum.

Direncanakan sengkang 2D-10

$$A_v = 2 \times \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2 \right) = 157,14 \text{ mm}^2$$

Perencanaan jarak perlu tulangan geser :

$$S_{perlu} = \frac{A_v \times F_{yv} \times d}{V_{sperlu}}$$

$$S_{perlu} = \frac{157,14 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times 390,5 \text{ mm}}{38,66 \text{ kN}}$$

$$S_{perlu} = 634,34 \text{ mm}$$

Kontrol spasi tulangan geser :

$$S_{\max} \leq d/2 \text{ (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4.2)}$$

$$S_{\max} \leq 390,5 \text{ mm}/2$$

$$S_{\max} \leq 195,25 \text{ mm}$$

Maka, dipakai sengkang **2D-10 jarak 150 mm.**

- Wilayah Lapangan (2h – tengah bentang)

$$\frac{Vu2}{0,5L - 2h} = \frac{Vu}{0,5L}$$

$$\frac{Vu2}{0,5.3000 - 2.45} = \frac{77,299}{0,5.3000}$$

$$Vu2 = 30,9196kN$$

Periksa kondisi geser pada penampang balok :

Kondisi 1

$$Vu \leq 0,5 \cdot \phi \cdot Vc$$

$$30,9196kN \leq 44,18kN \text{ (Memenuhi)}$$

Karena, termasuk dalam kondisi 1, maka tidak perlu tulangan geser.

Direncanakan sengkang 2D-10

$$Av = 2 \times \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10mm)^2 \right) = 157,14mm^2$$

Kontrol spasi tulangan geser :

$$S_{max} \leq d/2 \text{ (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4.2)}$$

$$S_{max} \leq 390,5 \text{ mm}/2$$

$$S_{max} \leq 195,25 \text{ mm}$$

Maka, dipakai sengkang **2D-10 jarak 150 mm.**

E. Perhitungan Tulangan Torsi.

1. Periksa kecukupan penampang menahan momen torsi terfaktor berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.3.1 :

$$\sqrt{\left(\frac{Vu}{bw.d} \right)^2 + \left(\frac{Tu.Ph}{1,7.A^2oh} \right)^2} \leq \phi \left(\frac{Vc}{bw.d} + 0,66 \cdot \sqrt{f'c} \right)$$

$$b_h = b - 2 \times t.decking - D.sengkang$$

$$b_h = 300\text{mm} - 2 \times 40\text{mm} - 10\text{mm} = 210\text{mm}$$

$$h_h = h - 2 \times t.\text{decking} - D.\text{senggang}$$

$$h_h = 450\text{mm} - 2 \times 40\text{mm} - 10\text{mm} = 360\text{mm}$$

- Luas Penampang dibatasi as tulangan sengkang :

$$A_{oh} = b_h \times h_h = 210\text{mm} \times 360\text{mm} = 75600\text{mm}^2$$

- Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang :

$$p_h = 2 \times (b_h + h_h) = 2 \times (210\text{mm} + 360\text{mm})$$

$$p_h = 1140\text{mm}$$

- $$\sqrt{\left(\frac{Vu}{bw.d}\right)^2 + \left(\frac{Tu.Ph}{1,7.A^2.oh}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{78440}{300 \times 390,5}\right)^2 + \left(\frac{30086000 \times 1140}{1,7 \times (75600)^2}\right)^2} = 3,59\text{Mpa}$$

- $$\phi \left(\frac{Vc}{bw.d} + 0,66.\sqrt{fc'} \right) = 0,75 \times \left(\frac{117,82}{300 \times 390,5} + 0,66\sqrt{35} \right) = 3,68\text{Mpa}$$

- Cek kecukupan penampang menahan torsi terfaktor :

$$\sqrt{\left(\frac{Vu}{bw.d}\right)^2 + \left(\frac{Tu.Ph}{1,7.A^2.oh}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{Vc}{bw.d} + 0,66.\sqrt{fc'} \right) \rightarrow \text{Memenuhi}$$

2. Periksa persyaratan pengaruh puntir berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.1. yaitu pengaruh puntir dapat diabaikan jika :

$$Tu < Tu_{\min}$$

$$Tu < \phi.0,083.\lambda.\sqrt{fc'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

Dimana :

A_{cp} = Luas Penampang Keseluruhan

P_{cp} = Keliling Penampang Keseluruhan

λ = 1 (beton normal) SNI 03-2847-2013 pasal 8.6.1

ϕ = 0,75 (Faktor reduksi beban torsi)

Dari hasil Output SAP 2000 diperoleh nilai T_u dengan kombinasi Envelope sebesar 29,3605 kNm.

- Periksa persyaratan pengaruh momen puntir :

$$A_{cp} = b \times h = 300 \text{ mm} \times 450 \text{ mm} = 135000 \text{ mm}^2$$

$$P_{cp} = 2 \times (b + h) = 2 \times (300 \text{ mm} + 450 \text{ mm}) = 1500 \text{ mm}.$$

$$Tu_{\min} = \phi \cdot 0,083 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$Tu_{\min} = 0,75 \times 0,083 \times 1 \times \sqrt{35} \times \left(\frac{135000^2}{1500} \right)$$

$$Tu_{\min} = 4,47 \text{ kNm}$$

$$Tu < Tu_{\min}$$

$$29,36 \text{ kNm} > 4,47 \text{ kNm} \text{ (Perlu Tulangan Puntir)}$$

3. Perhitungan Tulangan Transversal penahan torsi

Dalam menghitung penulangan torsi transversal penahan torsi nilai A_o dapat diambil sama dengan $0,85 A_{oh}$, dan nilai $\theta = 45^\circ$ (Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.3.6).

$$A_o = 0,85 \cdot A_{oh} = 0,85 \times 75600 \text{ mm}^2 = 64260 \text{ mm}^2$$

$$T_n = \frac{2 \cdot A_o \cdot A_T \cdot f_{yt}}{s} \cdot \cot \theta$$

$$\cdot \frac{Tu}{\phi} = \frac{2 \cdot A_o \cdot A_T \cdot f_{yt}}{s} \cdot \cot \theta$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_u}{\phi \cdot 2 \cdot A_o \cdot f_{yt} \cdot \cot \theta}$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{30086000}{0,75 \cdot 2 \cdot 64260 \cdot 400 \cdot 1} = 0,76 \text{ mm}^2 / \text{mm}$$

Tulangan sengkang daerah tumpuan sebelum torsi

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_{yv} \cdot d} = \frac{38660}{400 \cdot 390,5} = 0,031 \text{ mm}^2 / \text{mm}$$

Kebutuhan tulangan sengkang setelah torsi :

$$\frac{A_{vt}}{s} = \frac{A_v}{s} + 2 \cdot \frac{A_t}{s} = 0,031 + 2 \cdot 0,76 = 1,55 \text{ mm}^2 / \text{mm}$$

Tulangan sengkang terpasang daerah tumpuan sebelum torsi
2D10 – 150 mm.

$$\frac{A_{v \text{ pakai}}}{s} = \frac{2 \times 0,25 \times 3,14 \times 10^2}{150} = 1,05 \text{ mm}^2 / \text{mm}$$

Karena $\frac{A_{v \text{ pakai}}}{s} < \frac{A_{vt}}{s}$, maka tulangan sengkang terpasang tidak cukup untuk menahan torsi.

Direncanakan sengkang **2D10 – 100 mm**

$$\frac{A_{v \text{ pakai}}}{s} = \frac{2 \times 0,25 \times 3,14 \times 10^2}{100} = 1,57 \text{ mm}^2 / \text{mm} > 1,55 \text{ mm}^2 / \text{mm}$$

Sehingga, tulangan sengkang terpasang setelah ditambah torsi
: **2D10-100 mm**

Tulangan sengkang daerah lapangan sebelum torsi 2D – 150 mm.

Dengan perhitungan yang sama tulangan sengkang setelah ditambah torsi menjadi : **2D – 100 mm**

2. Perhitungan Tulangan Longitudinal Penahan Torsi.

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.3.7 Tulangan torsi lentur dihitung dengan rumus :

$$A_\lambda = \frac{A_t}{s} \cdot P_h \cdot \left(\frac{f_{yv}}{f_y} \right) \cdot \cos^2 \theta$$

sehingga,

$$A_{\lambda} = 0,78.1140 \cdot \left(\frac{400}{400} \right) \cdot 1 = 434,06 \text{ mm}^2$$

Untuk mendistribusikan A_{λ} secara sama di semua empat muka balok, digunakan $1/4 A_{\lambda}$ di dua sudut teratas dan $1/4 A_{\lambda}$ di dua sudut terbawah. $1/2 A_{\lambda}$ didistribusikan secara sama pada muka-muka vertikal irisan penampang web blok dengan spasi pusat ke pusat tidak melebihi 300 mm.

$$\frac{A_{\lambda}}{4} = \frac{434,06}{4} = 108,51 \text{ mm}^2$$

Pemasangan penulangan torsi pada tulangan memanjang.

Luasan pasang tulangan puntir longitudinal (sisi tengah)

Digunakan batang **2D10 = 157 mm²** disetiap sisi samping kiri dan kanan balok baik disepanjang tumpuan maupun lapangan.

Luasan pasang tulangan puntir longitudinal daerah tumpuan (sisi atas)

Kebutuhan tulangan tarik setelah ditambah torsi :

$$A_{sperlu} = A_s + A_t = 553,16 + 108,51 = 661,67 \text{ mm}^2$$

Tulangan tarik terpasang daerah tumpuan sebelum ditambah torsi **2D-19 ($A_s = 567,1 \text{ mm}^2$)**.

Karena $A_s \text{ pasang} < A_s \text{ perlu}$ setelah ditambah torsi, maka tulangan lentur tarik terpasang daerah tumpuan tidak cukup menahan torsi.

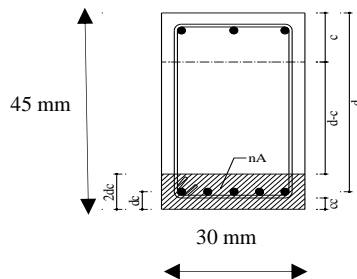
Direncanakan tulangan lentur tarik **3D-19 ($A_s = 850,6 \text{ mm}^2$)** > **661,67 mm² (Memenuhi)**

Luasan pasang tulangan puntir longitudinal daerah Lapangan (sisi bawah)

Tulangan tarik daerah lapangan sebelum torsi = 2D-19 (As = 567,1 mm²)

Dengan perhitungan yang sama, tulangan tarik daerah lapangan setelah ditambah torsi **3D-19**.

F. Kontrol Retak Balok.



Gambar 7. 4 Luas Efektif Beton

Nilai lebar retak yang diperoleh tidak boleh melebihi 0,4 mm untuk penampang didalam ruangan dan 0,3 mm untuk penampang yang dipengaruhi cuaca luar. Selain itu spasi tulangan yang berada paling dekat dengan permukaan tarik tidak boleh lebih dari :

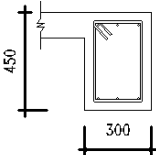
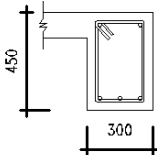
$$s = 380 \cdot \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2,5 \cdot C_c \quad \text{pasal 10.6.4}$$

$$s = 380 \cdot \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2,5 \cdot C_c = 380 \cdot \left(\frac{280}{266,7} \right) - 2,5 \cdot 50 = 273,95 \text{ mm}$$

$$\text{dan tidak boleh lebih dari } 300 \cdot \left(\frac{280}{f_s} \right) = 300 \cdot \left(\frac{280}{266,7} \right) = 315 \text{ mm}$$

jarak antar tulangan = 162 mm (lebih kecil dari batas s, OK)

Resume Penulangan Balok Bordes

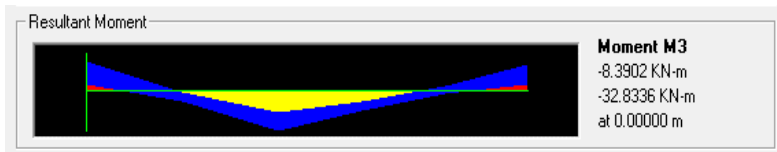
TYPE BALOK	BALOK BORDES (BB)	
	TUMPUAN	LAPANGAN
	 <p>SELIMUT BETON = 40 mm</p>	 <p>SELIMUT BETON = 40 mm</p>
DIMENSI	300 mm x 450 mm	
TUL. ATAS	3D 19	2D 19
TUL. BAWAH	3D 19	3D 19
TUL. TENGAH	2D 10	2D 10
TUL. SENGKANG	2D10 - 100	2D10 - 100

Gambar 7. 5 Resume Penulangan Balok Bordes

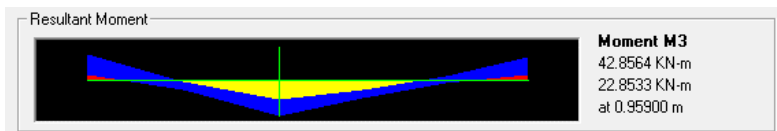
7.4 Perhitungan Penulangan Balok Lift

Perhitungan penulangan Balok Lift (30/45) dihitung dengan menggunakan hasil output gaya yang diperoleh dari analisa SAP 2000 dengan kombinasi Envelope. Untuk penulangan lentur pada daerah tumpuan kanan dan tumpuan kiri disamakan sehingga momen yang diambil adalah output momen yang terbesar. Berikut merupakan data perencanaan Balok Lift :

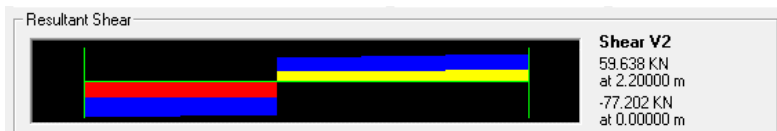
Hasil Output SAP 2000 :



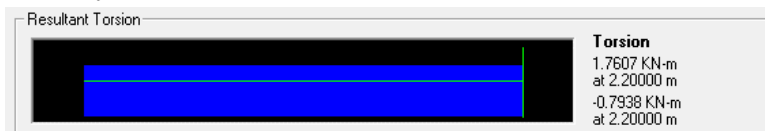
Momen Tumpuan = 32,8336 kNm



Momen Lapangan = 42,8564 kNm



Gaya Geser = 77,202 kN



Momen Torsi = 1,7607 kNm

A. Data Perencanaan Balok Lift

Frame yang ditinjau	: 461
Dimensi balok (b balok)	: 300 mm
Dimensi balok (h balok)	: 450 mm
Bentang balok (L)	: 2200 mm
Kuat Tekan Beton (f_c')	: 35 Mpa
Kuat Leleh Tul. Lentur (f_y)	: 400 Mpa
Kuat Leleh Tul. Geser (f_{yv})	: 400 Mpa
Diameter Tulangan Lentur	: D19
Diameter Tulangan Geser	: 10
Tebal selimut beton (t decking)	: 40 mm

(SNI 03-2847-2013 Pasal 7.7.1)

Faktor β_1 : 0.80

(SNI 03-2847-2013 Pasal 10.2.7.(3))

Faktor reduksi kekuatan lentur (ϕ) : 0,9

(SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.(1))

Faktor reduksi kekuatan geser (ϕ) : 0,75

(SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.(3))

Tinggi efektif balok :

$d = h - \text{decking} - D \text{ sengkang} - \frac{1}{2} D \text{ tul. lentur}$

$$d = 450 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 19 \text{ mm}\right)$$

$$d = 390,5 \text{ mm}$$

B. Tulangan Minimum dan Maksimum.

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,45$$

$$p_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$p_{\max} = 0,75 \times \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,75 \times \frac{0,85 \times 0,80 \times 35}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\
 &= 0,027
 \end{aligned}$$

C. Perhitungan Tulangan Lentur Balok.

1. Penulangan Tulangan Tumpuan

$$M_u = 32833600 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{32833600 \text{ Nmm}}{0,9} = 36481777,78 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{36481777,78 \text{ Nmm}}{300 \text{ mm} \times (390,5 \text{ mm})^2} = 0,797$$

$$\begin{aligned}
 p_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{13,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,45 \times 0,797}{400}} \right) \\
 &= 0,0020
 \end{aligned}$$

Cek :

$$p_{\text{min}} < p < p_{\text{max}}$$

$$0,0035 < 0,0020 < 0,024 \text{ (No Oke)}$$

Karena tidak memenuhi maka dipakai nilai p_{min}

$$A_{s_{\text{perlu}}} = p \times b \times d$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = 0,0035 \times 300 \text{ mm} \times 390,5 \text{ mm}$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = 410,03 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan 2D-19 $\rightarrow A_s = 567,06 \text{ mm}^2$

Kontrol jarak tulangan :

$$s = \frac{b_w - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \text{senggang}) - (n \times D_{\text{lentur}})}{n - 1}$$

$$s = \frac{300mm - (2 \times 40mm) - (2 \times 10mm) - (2 \times 19mm)}{2 - 1}$$

$$s = 162mm \geq 25mm....(Ok)$$

Kontrol kemampuan penampang :

$$a = \frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot fc \cdot bw} = \frac{567,06mm^2 \cdot 400Mpa}{0,85 \cdot 35Mpa \cdot 300mm} = 25,41mm$$

$$Mn = As \cdot fy \left(d - \frac{a}{2} \right) = 567,06mm^2 \cdot 400Mpa \left(390,5mm - \frac{25,41mm}{2} \right)$$

$$Mn = 85,69kNm$$

$$\phi Mn = 0,9 \cdot 85,69kNm = 77,12kNm$$

Cek :

$$\phi Mn > Mu$$

$$77,12 \text{ kNm} > 33,117 \text{ kNm (Ok)}$$

2. Penulangan Tulangan Lapangan

$$Mu = 42856400 \text{ Nmm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{42856400 \text{ Nmm}}{0,9} = 47618222,22 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{47618222,22 \text{ Nmm}}{300mm \times (390,5mm)^2} = 1,041$$

$$p_{perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{Fy}} \right)$$

$$= \frac{1}{13,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,45 \times 1,041}{400}} \right)$$

$$= 0,0027$$

Cek :

$$p_{\min} < p < p_{\max}$$

$$0,0035 < 0,0026 < 0,027 \text{ (No Oke)}$$

Karena tidak memenuhi maka dipakai nilai p_{\min}

$$A_{s_{\text{perlu}}} = p \times b \times d$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = 0,0035 \times 300\text{mm} \times 390,5\text{mm}$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = 410,04\text{mm}^2$$

Digunakan tulangan 2D-19 $\rightarrow A_s = 567,06 \text{ mm}^2$

Kontrol jarak tulangan :

$$s = \frac{bw - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \text{senggang}) - (n \times D_{\text{lentur}})}{n - 1}$$

$$s = \frac{300\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (2 \times 19\text{mm})}{2 - 1}$$

$$s = 162\text{mm} \geq 25\text{mm} \dots (\text{Ok})$$

Kontrol kemampuan penampang :

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot w} = \frac{567,06\text{mm}^2 \cdot 400\text{Mpa}}{0,85 \cdot 35\text{Mpa} \cdot 300\text{mm}} = 25,41\text{mm}$$

$$M_n = A_s \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) = 567,06\text{mm}^2 \cdot 400\text{Mpa} \left(390,5\text{mm} - \frac{25,41\text{mm}}{2} \right)$$

$$M_n = 85,69\text{kNm}$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot 85,69\text{kNm} = 77,12\text{kNm}$$

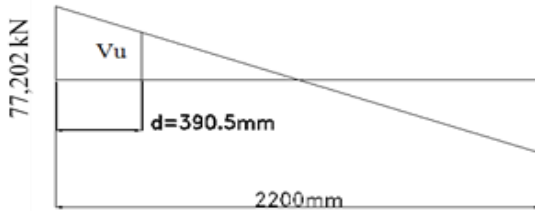
Cek :

$$\phi M_n > M_u$$

$$77,12 \text{ kNm} > 42,86 \text{ kNm (Ok)}$$

D. Perhitungan Tulangan Geser Balok

Gaya geser yang dipakai dalam perhitungan adalah gaya geser terfaktor, **V_u** sejarak **d** dari muka tumpuan sesuai ***SNI 03-2847-2013 Pasal 11.1.3.1***



Gambar 7. 6 Diagram Gaya Geser Balok Lift

- Wilayah Tumpuan (muka kolom – 2h)

$$V_{u1} = \frac{V_u}{\frac{l}{2}} \cdot \left(\frac{l}{2} - d \right)$$

$$V_{u1} = \frac{77,202kN}{\frac{2200mm}{2}} \cdot \left(\frac{2200mm}{2} - 390,5mm \right) = 49,80kN$$

Berdasarkan ***SNI 03-2847-2013 Pasal 11.2.1.1*** nilai V_c adalah :

$$V_c = 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d = 0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35Mpa} \cdot 300mm \cdot 390,5mm = 117,82kN$$

$$\phi \cdot V_c = 0,75 \cdot 117,82kN = 88,37kN$$

$$0,5 \cdot \phi \cdot V_c = 0,5 \cdot 88,37kN = 44,18kN$$

Kuat geser tulangan geser

$$V_{s \min} = 0,33 \cdot b_w \cdot d$$

$$V_{s \min} = 0,33 \cdot 300mm \cdot 390,5mm = 38,66kN$$

$$V_{s \max} = 0,33 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

$$V_s \max = 0,33 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 300 \text{ mm} \cdot 390,5 \text{ mm} = 462,05 \text{ kN}$$

Periksa kondisi geser pada penampang balok :

Kondisi 1

$$V_u \leq 0,5 \cdot \phi \cdot V_c$$

$$49,80 \text{ kN} \leq 44,18 \text{ kN} \quad (\text{Tidak Memenuhi})$$

Kondisi 2

$$0,5 \cdot \phi \cdot V_c \leq V_u \leq \phi \cdot V_c$$

$$44,18 \text{ kN} \leq 49,80 \text{ kN} \leq 88,37 \text{ kN} \quad (\text{Memenuhi})$$

Karena, termasuk dalam kondisi 2, maka perlu tulangan geser minimum.

Direncanakan sengkang 2D-10

$$A_v = 2 \times \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2 \right) = 157,14 \text{ mm}^2$$

Perencanaan jarak perlu tulangan geser :

$$S_{perlu} = \frac{A_v \times F_{yv} \times d}{V_{sperlu}}$$

$$S_{perlu} = \frac{A_v \times 400 \text{ Mpa} \times 390,5 \text{ mm}}{38,66 \text{ kN}}$$

$$S_{perlu} = 634,34 \text{ mm}$$

Kontrol spasi tulangan geser :

$$S_{\max} \leq d/2 \quad (\text{SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4.2})$$

$$S_{\max} \leq 390,5 \text{ mm}/2$$

$$S_{\max} \leq 195,25 \text{ mm}$$

Maka, dipakai sengkang **2D-10 jarak 120 mm.**

- Wilayah Lapangan (2h – tengah bentang)

$$\frac{Vu2}{0,5Ln - 2h} = \frac{Vu}{0,5Ln}$$

$$\frac{Vu2}{0,5.2200 - 2.450} = \frac{77,202}{0,5.2200}$$

$$Vu2 = 30,9196kN$$

Periksa kondisi geser pada penampang balok :

Kondisi 1

$$Vu \leq 0,5 \cdot \phi \cdot Vc$$

$$30,9196kN \leq 44,18kN \text{ (Memenuhi)}$$

Karena, termasuk dalam kondisi 1, maka tidak perlu tulangan geser.

Direncanakan sengkang 2D-10

$$Av = 2 \times \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10mm)^2 \right) = 157,14mm^2$$

Kontrol spasi tulangan geser :

$$S_{max} \leq d/2 \text{ (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4.2)}$$

$$S_{max} \leq 390,5 \text{ mm}/2$$

$$S_{max} \leq 195,25 \text{ mm}$$

Maka, dipakai sengkang **2D-10 jarak 150 mm.**

E. Perhitungan Tulangan Torsi.

1. Periksa kecukupan penampang menahan momen torsi terfaktor berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.3.1 :

$$\sqrt{\left(\frac{Vu}{bw.d}\right)^2 + \left(\frac{Tu.Ph}{1,7.A^2 oh}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{Vc}{bw.d} + 0,66.\sqrt{fc'} \right)$$

$$b_h = b - 2 \times t.decking - D.sengakang$$

$$b_h = 300mm - 2 \times 40mm - 10mm = 210mm$$

$$h_h = h - 2 \times t.decking - D.sengakang$$

$$h_h = 450mm - 2 \times 40mm - 10mm = 360mm$$

- Luas Penampang dibatasi as tulangan sengkang :

$$A_{oh} = b_h \times h_h = 210mm \times 360mm = 75600mm^2$$

- Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang :

$$p_h = 2 \times (b_h + h_h) = 2 \times (210mm + 360mm)$$

$$p_h = 1140mm$$

$$\sqrt{\left(\frac{Vu}{bw.d}\right)^2 + \left(\frac{Tu.Ph}{1,7.A^2 oh}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{77202}{300 \times 390,5}\right)^2 + \left(\frac{1760700 \times 1140}{1,7 \times (75600)^2}\right)^2} = 0,69Mpa$$

$$\phi \left(\frac{Vc}{bw.d} + 0,66.\sqrt{fc'} \right) = 0,75 \times \left(\frac{117,82}{300 \times 390,5} + 0,66\sqrt{35} \right) = 3,68Mpa$$

- Cek kecukupan penampang menahan torsi terfaktor :

$$\sqrt{\left(\frac{Vu}{bw.d}\right)^2 + \left(\frac{Tu.Ph}{1,7.A^2 oh}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{Vc}{bw.d} + 0,66.\sqrt{fc'} \right) \rightarrow \text{Memenuhi}$$

2. Periksa persyaratan pengaruh puntir berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.1. yaitu pengaruh puntir dapat diabaikan jika :

$$Tu < Tu_{\min}$$

$$Tu < \phi.0,083.\lambda.\sqrt{fc'} \cdot \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

Dimana :

A_{cp} = Luas Penampang Keseluruhan

P_{cp} = Keliling Penampang Keseluruhan

λ = 1 (beton normal) SNI 03-2847-2013 pasal 8.6.1

ϕ = 0,75 (Faktor reduksi beban torsi)

Dari hasil Output SAP 2000 diperoleh nilai T_u dengan kombinasi Envelope sebesar 1,7607 kNm.

- Periksa persyaratan pengaruh momen puntir :

$$A_{cp} = b \times h = 300 \text{ mm} \times 450 \text{ mm} = 135000 \text{ mm}^2$$

$$P_{cp} = 2 \times (b + h) = 2 \times (300 \text{ mm} + 450 \text{ mm}) = 1500 \text{ mm}.$$

$$T_{u_{\min}} = \phi \cdot 0,083 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

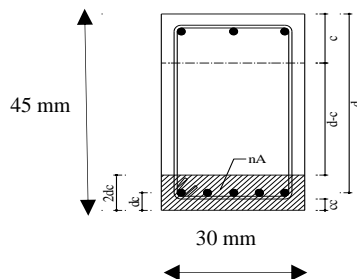
$$T_{u_{\min}} = 0,75 \times 0,083 \times 1 \times \sqrt{35} \times \left(\frac{135000^2}{1500} \right)$$

$$T_{u_{\min}} = 4,47 \text{ kNm}$$

$$T_u < T_{u_{\min}}$$

$$1,78 \text{ kNm} < 4,47 \text{ kNm} \text{ (Tidak Perlu Tulangan Puntir)}$$

F. Kontrol Retak Balok.



Gambar 7. 7 Luas Efektif Beton

Nilai lebar retak yang diperoleh tidak boleh melebihi 0,4 mm untuk penampang didalam ruangan dan 0,3 mm untuk penampang yang dipengaruhi cuaca luar. Selain itu spasi tulangan yang berada paling dekat dengan permukaan tarik tidak boleh lebih dari :

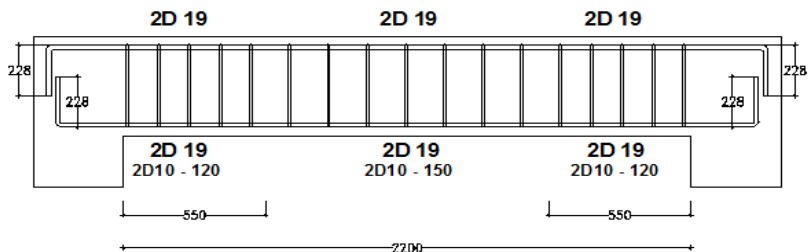
$$s = 380 \cdot \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2,5 \cdot C_c \text{ pasal 10.6.4}$$

$$s = 380 \cdot \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2,5 \cdot C_c = 380 \cdot \left(\frac{280}{266,7} \right) - 2,5 \cdot 50 = 273,95 \text{ mm}$$

$$\text{dan tidak boleh lebih dari } 300 \cdot \left(\frac{280}{f_s} \right) = 300 \cdot \left(\frac{280}{266,7} \right) = 315 \text{ mm}$$

jarak antar tulangan = 162 mm (lebih kecil dari batas s, OK)

Resume Penulangan Balok Lift :

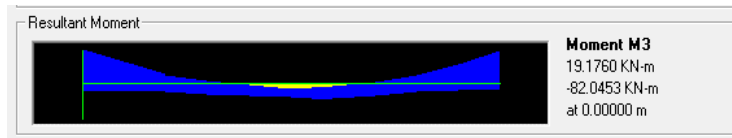


Gambar 7. 8 Resume Penulangan Balok Lift

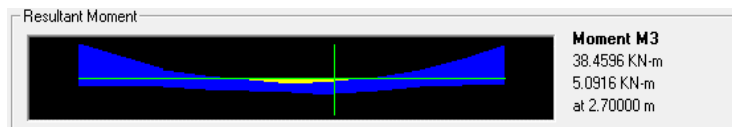
7.5 Perhitungan Penulangan Balok Anak

Perhitungan penulangan Balok Anak (30/45) dihitung dengan menggunakan hasil output gaya yang diperoleh dari analisa SAP 2000 dengan kombinasi Envelope. Untuk penulangan lentur pada daerah tumpuan kanan dan tumpuan kiri disamakan sehingga momen yang diambil adalah output momen yang terbesar. Berikut merupakan data perencanaan Balok Anak :

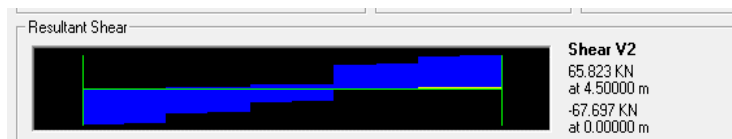
Hasil Output SAP 2000 :



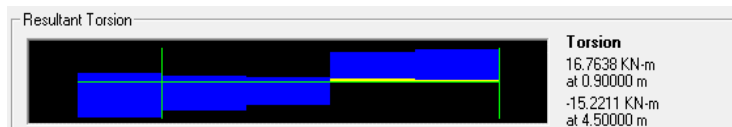
Momen Tumpuan = 82,0453 kNm



Momen Lapangan = 38,4596 kNm



Gaya Geser = 67.697 kN



Momen Torsi = 16,7638 kNm

A. Data Perencanaan Balok Anak

Frame yang ditinjau	: 2394
Dimensi balok (b balok)	: 300 mm
Dimensi balok (h balok)	: 450 mm
Bentang balok (L)	: 4500 mm
Kuat Tekan Beton (f_c')	: 35 Mpa
Kuat Leleh Tul. Lentur (f_y)	: 400 Mpa
Kuat Leleh Tul. Geser (f_{yv})	: 400 Mpa
Diameter Tulangan Lentur	: D16
Diameter Tulangan Geser	: 10
Tebal selimut beton (t decking)	: 40 mm

(SNI 03-2847-2013 Pasal 7.7.1)

Faktor β_1	: 0.80
------------------	--------

(SNI 03-2847-2013 Pasal 10.2.7.(3))

Faktor reduksi kekuatan lentur (ϕ)	: 0,9
---	-------

(SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.(1))

Faktor reduksi kekuatan geser (ϕ)	: 0,75
--	--------

(SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.(3))

Tinggi efektif balok :

$$d = h - \text{decking} - D \text{ sengkang} - \frac{1}{2} D \text{ tul. lentur}$$

$$d = 450 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 16 \text{ mm}\right)$$

$$d = 392 \text{ mm}$$

B. Tulangan Minimum dan Maksimum.

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,45$$

$$p_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$p_{\max} = 0,75 \times \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,75 \times \frac{0,85 \times 0,80 \times 35}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\
 &= 0,027
 \end{aligned}$$

C. Perhitungan Tulangan Lentur Balok.

1. Penulangan Tulangan Tumpuan

$$Mu = 82045300 \text{ Nmm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{82045300 \text{ Nmm}}{0,9} = 91161444,44 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{91161444,44 \text{ Nmm}}{300 \text{ mm} \times (390,5 \text{ mm})^2} = 1,978$$

$$\begin{aligned}
 p_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{Fy}} \right) \\
 &= \frac{1}{13,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,45 \times 1,978}{400}} \right) \\
 &= 0,0051
 \end{aligned}$$

Cek :

$$p_{\min} < p < p_{\max}$$

$$0,0035 < 0,0051 < 0,024 \text{ (Oke)}$$

Karena memenuhi maka dipakai nilai p_{perlu}

$$As_{\text{perlu}} = p \times bw \times d$$

$$As_{\text{perlu}} = 0,0051 \times 300 \text{ mm} \times 390,5 \text{ mm}$$

$$As_{\text{perlu}} = 602,11 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan 4D-16 $\rightarrow As = 804,25 \text{ mm}^2$

Kontrol jarak tulangan :

$$s = \frac{bw - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \text{senggang}) - (n \times D.\text{lentur})}{n - 1}$$

$$s = \frac{300\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (4 \times 16\text{mm})}{4 - 1}$$

$$s = 45,33\text{mm} \geq 25\text{mm}....(\text{Ok})$$

Kontrol kemampuan penampang :

$$a = \frac{As \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot bw} = \frac{804,25\text{mm}^2 \cdot 400\text{Mpa}}{0,85 \cdot 35\text{Mpa} \cdot 300\text{mm}} = 36,04\text{mm}$$

$$Mn = As \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) = 804,25\text{mm}^2 \cdot 400\text{Mpa} \cdot \left(390,5\text{mm} - \frac{36,04\text{mm}}{2} \right)$$

$$Mn = 120,31\text{kNm}$$

$$\phi Mn = 0,9 \cdot 120,31\text{kNm} = 108,28\text{kNm}$$

Cek :

$$\phi Mn > Mu$$

$$108,28\text{ kNm} > 82,0453\text{ kNm} \text{ (Ok)}$$

2. Penulangan Tulangan Lapangan

$$Mu = 38459600\text{ Nmm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{38459600\text{Nmm}}{0,9} = 42732888,89\text{Nmm}$$

$$R_n = \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{42732888,89\text{Nmm}}{300\text{mm} \times (390,5\text{mm})^2} = 0,927$$

$$p_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{13,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,45 \times 0,927}{400}} \right)$$

$$= 0,0024$$

Cek :

$$P_{\min} < P < P_{\max}$$

$$0,0035 < 0,0024 < 0,027 \text{ (No Oke)}$$

Karena tidak memenuhi maka dipakai nilai p min

$$As_{\text{perlu}} = p \times bw \times d$$

$$As_{\text{perlu}} = 0,0035 \times 300\text{mm} \times 392\text{mm}$$

$$As_{\text{perlu}} = 411,60\text{mm}^2$$

Digunakan tulangan 3D-16 $\rightarrow As = 603,19 \text{ mm}^2$

Kontrol jarak tulangan :

$$s = \frac{bw - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \text{sengkang}) - (n \times D.\text{lentur})}{n - 1}$$

$$s = \frac{300\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (3 \times 16\text{mm})}{3 - 1}$$

$$s = 76\text{mm} \geq 25\text{mm} \dots (\text{Ok})$$

Kontrol kemampuan penampang :

$$a = \frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot fc' \cdot bw} = \frac{603,19\text{mm}^2 \cdot 400\text{Mpa}}{0,85 \cdot 35\text{Mpa} \cdot 300\text{mm}} = 27,03\text{mm}$$

$$Mn = As \cdot fy \left(d - \frac{a}{2} \right) = 603,19\text{mm}^2 \cdot 400\text{Mpa} \left(392\text{mm} - \frac{27,03\text{mm}}{2} \right)$$

$$Mn = 91,32\text{kNm}$$

$$\phi Mn = 0,9 \cdot 91,32\text{kNm} = 82,19\text{kNm}$$

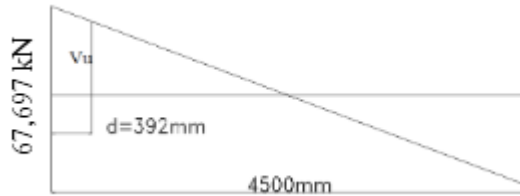
Cek :

$$\phi Mn > Mu$$

$$82,19 \text{ kNm} > 38,46 \text{ kNm (Ok)}$$

D. Perhitungan Tulangan Geser Balok

Gaya geser yang dipakai dalam perhitungan adalah gaya geser terfaktor, **V_u** sejarak **d** dari muka tumpuan sesuai ***SNI 03-2847-2013 Pasal 11.1.3.1***



Gambar 7. 9 Gambar Diagram Gaya Geser Balok Anak

- Wilayah Tumpuan (muka kolom – 2h)

$$Vu1 = \frac{Vu}{l} \cdot \left(\frac{l}{2} - d \right)$$

$$Vu1 = \frac{67,697kN}{4500mm} \cdot \left(\frac{4500mm}{2} - 392mm \right) = 55,903kN$$

Berdasarkan ***SNI 03-2847-2013 Pasal 11.2.1.1*** nilai V_c adalah :

$$V_c = 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d = 0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35Mpa} \cdot 300mm \cdot 392mm = 118,27kN$$

$$\phi V_c = 0,75 \cdot 118,27kN = 88,71kN$$

$$0,5 \cdot \phi V_c = 0,5 \cdot 88,71kN = 44,35kN$$

Kuat geser tulangan geser

$$V_{s \min} = 0,33 \cdot b_w \cdot d$$

$$V_{s \min} = 0,33 \cdot 300mm \cdot 392mm = 38,81kN$$

$$V_s \max = 0,33 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

$$V_s \max = 0,33 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 300 \text{ mm} \cdot 392 \text{ mm} = 463,82 \text{ kN}$$

Periksa kondisi geser pada penampang balok :

Kondisi 1

$$V_u \leq 0,5 \cdot \phi \cdot V_c$$

$$55,903 \text{ kN} \leq 44,35 \text{ kN} \text{ (Tidak Memenuhi)}$$

Kondisi 2

$$0,5 \cdot \phi \cdot V_c \leq V_u \leq \phi \cdot V_c$$

$$44,35 \text{ kN} \leq 55,903 \text{ kN} \leq 88,71 \text{ kN} \text{ (Memenuhi)}$$

Karena, termasuk dalam kondisi 2, maka perlu tulangan geser minimum.

Direncanakan sengkang 2D-10

$$A_v = 2 \times \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2 \right) = 157,14 \text{ mm}^2$$

Perencanaan jarak perlu tulangan geser :

$$S_{perlu} = \frac{A_v \times F_{yv} \times d}{V_{sperlu}}$$

$$S_{perlu} = \frac{A_v \times 400 \text{ Mpa} \times 392 \text{ mm}}{38,81 \text{ kN}}$$

$$S_{perlu} = 634,34 \text{ mm}$$

Kontrol spasi tulangan geser :

$$S_{\max} \leq d/2 \text{ (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4.2)}$$

$$S_{\max} \leq 392 \text{ mm}/2$$

$$S_{\max} \leq 196 \text{ mm}$$

Maka, dipakai sengkang **2D-10 jarak 150 mm**.

- Wilayah Lapangan (2h – tengah bentang)

$$\frac{Vu2}{0,5L - 2h} = \frac{Vu}{0,5L}$$

$$\frac{Vu2}{0,5.4500 - 2.450} = \frac{67,697}{0,5.4500}$$

$$Vu2 = 38,68kN$$

Periksa kondisi geser pada penampang balok :

Kondisi 1

$$Vu \leq 0,5 \cdot \phi \cdot Vc$$

$$38,68kN \leq 44,18kN \text{ (Memenuhi)}$$

Karena, termasuk dalam kondisi 1, maka tidak perlu tulangan geser.

Direncanakan sengkang 2D-10

$$Av = 2 \times \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10mm)^2 \right) = 157,14mm^2$$

Kontrol spasi tulangan geser :

$$S_{max} \leq d/2 \text{ (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4.2)}$$

$$S_{max} \leq 390,5 \text{ mm/2}$$

$$S_{max} \leq 195,25 \text{ mm}$$

Maka, dipakai sengkang **2D-10 jarak 150 mm.**

E. Perhitungan Tulangan Torsi.

1. Periksa kecukupan penampang menahan momen torsi terfaktor berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.3.1 :

$$\sqrt{\left(\frac{Vu}{bw.d} \right)^2 + \left(\frac{Tu \cdot Ph}{1,7 \cdot A^2 oh} \right)^2} \leq \phi \left(\frac{Vc}{bw.d} + 0,66 \cdot \sqrt{fc'} \right)$$

$$b_h = b - 2 \times t \cdot decking - D \cdot sengkang$$

$$b_h = 300\text{mm} - 2 \times 40\text{mm} - 10\text{mm} = 210\text{mm}$$

$$h_h = h - 2 \times t.\text{decking} - D.\text{sengkan}$$

$$h_h = 450\text{mm} - 2 \times 40\text{mm} - 10\text{mm} = 360\text{mm}$$

- Luas Penampang dibatasi as tulangan sengkang :

$$A_{oh} = b_h \times h_h = 210\text{mm} \times 360\text{mm} = 75600\text{mm}^2$$

- Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang :

$$p_h = 2 \times (b_h + h_h) = 2 \times (210\text{mm} + 360\text{mm})$$

$$p_h = 1140\text{mm}$$

$$- \sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w.d}\right)^2 + \left(\frac{T_u.P_h}{1,7.A^2.oh}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{68126}{300 \times 392}\right)^2 + \left(\frac{17090600 \times 1140}{1,7 \times (75600)^2}\right)^2} = 2,09\text{Mpa}$$

$$- \phi \left(\frac{V_c}{b_w.d} + 0,66.\sqrt{f_c'} \right) = 0,75 \times \left(\frac{118,27}{300 \times 392} + 0,66\sqrt{35} \right) = 3,68\text{Mpa}$$

- Cek kecukupan penampang menahan torsi terfaktor :

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w.d}\right)^2 + \left(\frac{T_u.P_h}{1,7.A^2.oh}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b_w.d} + 0,66.\sqrt{f_c'} \right) \rightarrow \text{Memenuhi}$$

2. Periksa persyaratan pengaruh puntir berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.1. yaitu pengaruh puntir dapat diabaikan jika :

$$T_u < T_{u_{\min}}$$

$$T_u < \phi.0,083.\lambda.\sqrt{f_c'}.\left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}}\right)$$

Dimana :

A_{cp} = Luas Penampang Keseluruhan

P_{cp} = Keliling Penampang Keseluruhan

λ = 1 (beton normal) SNI 03-2847-2013 pasal 8.6.1

ϕ = 0,75 (Faktor reduksi beban torsi)

Dari hasil Output SAP 2000 diperoleh nilai T_u dengan kombinasi Envelope sebesar 16.7638 kNm.

- Periksa persyaratan pengaruh momen puntir :

$$A_{cp} = b \times h = 300 \text{ mm} \times 450 \text{ mm} = 135000 \text{ mm}^2$$

$$P_{cp} = 2 \times (b + h) = 2 \times (300 \text{ mm} + 450 \text{ mm}) = 1500 \text{ mm.}$$

$$Tu_{\min} = \phi \cdot 0,083 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$Tu_{\min} = 0,75 \times 0,083 \times 1 \times \sqrt{35} \times \left(\frac{135000^2}{1500} \right)$$

$$Tu_{\min} = 4,47 \text{ kNm}$$

$$Tu < Tu_{\min}$$

$$16,76 \text{ kNm} > 4,47 \text{ kNm} \text{ (Perlu Tulangan Puntir)}$$

3. Perhitungan Tulangan Transversal penahan torsi

Dalam menghitung penulangan torsi transversal penahan torsi nilai A_o dapat diambil sama dengan $0,85 A_{oh}$, dan nilai $\theta = 45^\circ$ (Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.3.6).

$$A_o = 0,85 \cdot A_{oh} = 0,85 \times 75600 \text{ mm}^2 = 64260 \text{ mm}^2$$

$$T_n = \frac{2 \cdot A_o \cdot A_T \cdot f_{yt}}{s} \cdot \cot \theta$$

$$\cdot \frac{Tu}{\phi} = \frac{2 \cdot A_o \cdot A_T \cdot f_{yt}}{s} \cdot \cot \theta$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_u}{\phi \cdot 2 \cdot A_o \cdot f_{yt} \cdot \cot \theta}$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{16763800}{0,75 \cdot 2 \cdot 64260 \cdot 400 \cdot 1} = 0,44 \text{ mm}^2 / \text{mm}$$

Tulangan sengkang daerah tumpuan sebelum torsi

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_{yv}.d} = \frac{38660}{400.390,5} = 0,2475 \text{ mm}^2 / \text{mm}$$

Kebutuhan tulangan sengkang setelah torsi :

$$\frac{A_{vt}}{s} = \frac{A_v}{s} + 2 \cdot \frac{A_t}{s} = 0,2475 + 2.0,44 = 1,12 \text{ mm}^2 / \text{mm}$$

Tulangan sengkang terpasang daerah tumpuan sebelum torsi
2D10 – 150 mm.

$$\frac{A_{v_{pakai}}}{s} = \frac{2 \times 0,25 \times 3,14 \times 10^2}{150} = 1,05 \text{ mm}^2 / \text{mm}$$

Karena $\frac{A_{v_{pakai}}}{s} < \frac{A_{vt}}{s}$, maka tulangan sengkang terpasang tidak cukup untuk menahan torsi.

Direncanakan sengkang **2D10 – 100 mm**

$$\frac{A_{v_{pakai}}}{s} = \frac{2 \times 0,25 \times 3,14 \times 10^2}{100} = 1,57 \text{ mm}^2 / \text{mm} > 1,12 \text{ mm}^2 / \text{mm}$$

Sehingga, tulangan sengkang terpasang setelah ditambah torsi
: **2D10-100 mm**

Tulangan sengkang daerah lapangan sebelum torsi 2D – 150 mm.

Dengan perhitungan yang sama tulangan sengkang setelah ditambah torsi menjadi : **2D – 150 mm**

4. Perhitungan Tulangan Longitudinal Penahan Torsi.

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.3.7 Tulangan torsi lentur dihitung dengan rumus :

$$A_\lambda = \frac{A_t}{s} \cdot Ph \cdot \left(\frac{f_{yv}}{f_{yt}} \right) \cdot \cos^2 \theta$$

sehingga,

$$A_{\lambda} = 0,44.1140 \cdot \left(\frac{400}{400} \right) \cdot 1 = 247,83 \text{ mm}^2$$

Untuk mendistribusikan A_{λ} secara sama di semua empat muka balok, digunakan $1/4 A_{\lambda}$ di dua sudut teratas dan $1/4 A_{\lambda}$ di dua sudut terbawah. $1/2 A_{\lambda}$ didistribusikan secara sama pada muka-muka vertikal irisan penampang web blok dengan spasi pusat ke pusat tidak melebihi 300 mm.

$$\frac{A_{\lambda}}{4} = \frac{247,83}{4} = 61,96 \text{ mm}^2$$

Pemasangan penulangan torsi pada tulangan memanjang.

Luasan pasang tulangan puntir longitudinal (sisi tengah)

Digunakan batang **2D10 = 157 mm²** disetiap sisi samping kiri dan kanan balok baik disepanjang tumpuan maupun lapangan.

Luasan pasang tulangan puntir longitudinal daerah tumpuan (sisi atas)

Kebutuhan tulangan tarik setelah ditambah torsi :

$$A_{s\text{perlu}} = A_s + A_t = 602,11 + 61,96 = 664,07 \text{ mm}^2$$

Tulangan tarik terpasang daerah tumpuan sebelum ditambah torsi **4D-16 ($A_s = 804,2 \text{ mm}^2$)**.

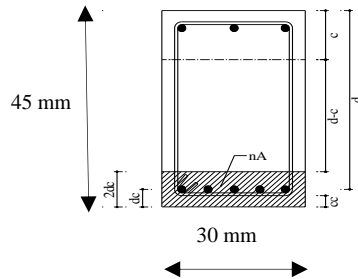
Karena $A_s \text{ pasang} > A_s \text{ perlu}$ setelah ditambah torsi, maka tulangan lentur tarik terpasang daerah tumpuan cukup menahan torsi.

Luasan pasang tulangan puntir longitudinal daerah Lapangan (sisi bawah)

Tulangan tarik daerah lapangan sebelum torsi = 3D-16 (As = 603,2 mm²)

Dengan perhitungan yang sama, tulangan tarik daerah lapangan setelah ditambah torsi **3D-16**.

F. Kontrol Retak Balok.



Gambar 7. 10 Luas Efektif Beton

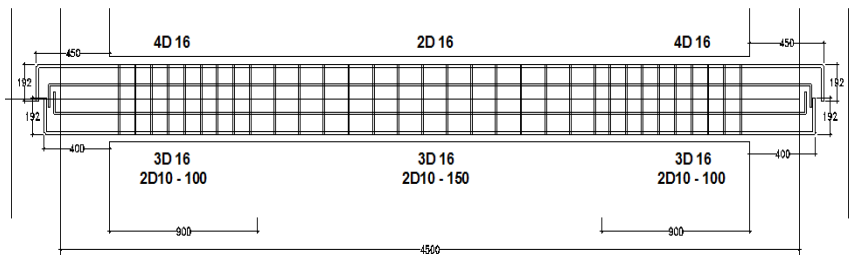
Nilai lebar retak yang diperoleh tidak boleh melebihi 0,4 mm untuk penampang didalam ruangan dan 0,3 mm untuk penampang yang dipengaruhi cuaca luar. Selain itu spasi tulangan yang berada paling dekat dengan permukaan tarik tidak boleh lebih dari :

$$s = 380 \cdot \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2,5 \cdot C_c = 380 \cdot \left(\frac{280}{266,7} \right) - 2,5 \cdot 53 = 269 \text{ mm}$$

$$300 \cdot \left(\frac{280}{f_s} \right) = 300 \cdot \left(\frac{280}{266,7} \right) = 315 \text{ mm}$$

jarak antar tulangan = 45,33 mm (lebih kecil dari batas s, OK)

Resume Penulangan Balok Anak



Gambar 7. 11 Resume Penulangan Balok Anak

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB VIII

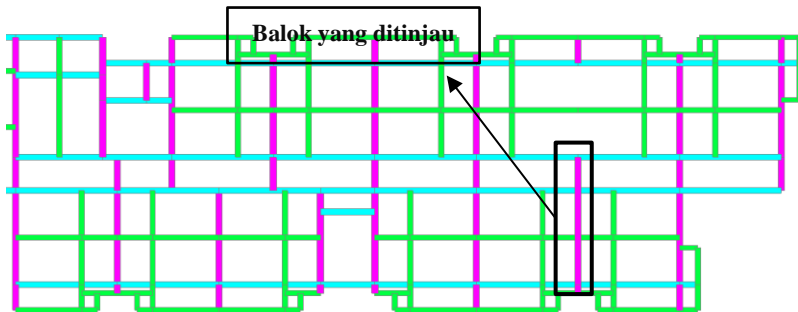
PERHITUNGAN STRUKTUR PRIMER

8.1 Umum

Perencanaan struktur primer ini meliputi perencanaan balok induk, sloof, kolom, hubungan balok kolom, dan *Shear wall*. Perhitungan yang dilakukan mengacu pada ketentuan SNI 2847-2013, dan pembebanan gempa dengan mengacu pada SNI 1726-2012, yang didalamnya terdapat ketentuan dan persyaratan perhitungan beban gempa.

8.2 Perhitungan Penulangan Balok Induk

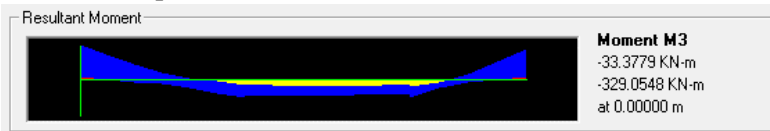
Dalam perhitungan balok Induk didapatkan gaya dalam dan diagram gaya dari analisa program SAP 2000 yang memodelkan struktur yang ditinjau. Pada hasil analisa SAP 2000 digunakan data yang menunjukkan analisa gaya terbesar dari semua frame balok pada struktur bangunan, sehingga didapatkan hasil gaya terbesar pada frame 650 dengan kombinasi yang digunakan yaitu Envelope.



Gambar 8. 1 Denah Balok Lantai

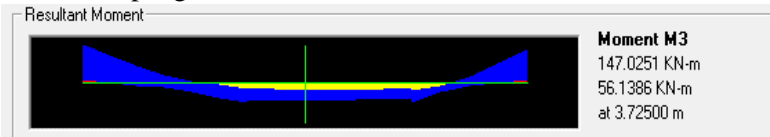
Hasil Output SAP 2000 :

Momen Tumpuan Kiri



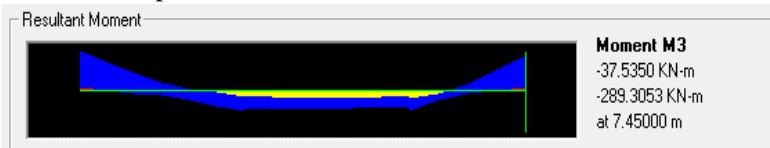
$M_u (-) = 329.0548 \text{ kNm}$; $M_u (+) = 0 \text{ kNm}$

Momen Lapangan



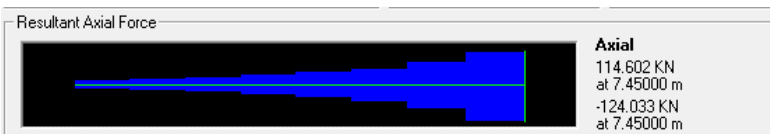
$M_u = 147.0251 \text{ kNm}$

Momen Tumpuan Kanan



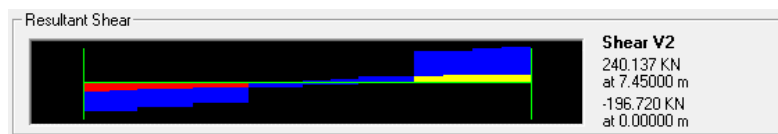
$M_u (-) = 289.3053 \text{ kNm}$; $M_u (+) = 0 \text{ kNm}$

Aksial



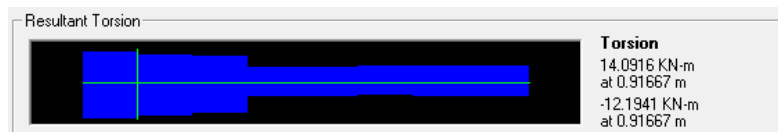
$N_u = 124,033 \text{ kN}$

Geser



$$V_u = 240,137 \text{ kN}$$

Momen Torsi



$$M_u = 14,0916 \text{ kNm}$$

A. Data Perencanaan Balok Induk

Frame yang ditinjau	: 650
Dimensi balok (b balok)	: 350 mm
Dimensi balok (h balok)	: 650 mm
Bentang balok (L_n)	: 7150 mm
Kuat Tekan Beton (f_c')	: 35 Mpa
Kuat Leleh Tul. Lentur (f_y)	: 400 Mpa
Kuat Leleh Tul. Geser (f_{yv})	: 400 Mpa
Kuat Leleh Tul. Puntir (f_{yt})	: 400 Mpa
Diameter Tulangan Lentur	: D22
Diameter Tulangan Geser	: D10
Diameter Tulangan Puntir	: D13
Tebal selimut beton (t decking)	: 40 mm
<i>(SNI 03-2847-2013 Pasal 7.7.1)</i>	
Faktor β_1	: 0.80
<i>(SNI 03-2847-2013 Pasal 10.2.7.(3))</i>	
Faktor reduksi kekuatan lentur (ϕ)	: 0,9
<i>(SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.(1))</i>	
Faktor reduksi kekuatan geser (ϕ)	: 0,75

(SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.(3))

Faktor reduksi kekuatan puntir (ϕ) : 0,75

(SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.(3))

Tinggi efektif balok :

$d = h - \text{decking} - D \text{ sengkang} - \frac{1}{2} D \text{ tul. lentur}$

$$d = 650 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 22 \text{ mm}\right)$$

$$d = 589 \text{ mm}$$

B. Cek Syarat Komponen Struktur Penahan Gempa

1. Gaya aksial tekan terfaktor pada komponen struktur lentur dibatasi maksimum $0,1 A_g \cdot f_c'$.

$$0,1 \cdot A_g \cdot f_c' = 0,1 \times 350 \text{ mm} \times 650 \text{ mm} \times 35 \text{ Mpa} = 796,25 \text{ kN.}$$

Dari program bantu SAP 2000 v.14 didapatkan :

$$P_u = 124,03 \text{ kN} < 796,25 \text{ kN} \text{ (OKE)}$$

2. Bentang bersih komponen struktur tidak boleh kurang dari 4 kali tinggi efektifnya (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.2). $4d = 4 \times 589 \text{ mm} = 2356 \text{ mm}$

$$L_n = 7150 \text{ mm} > 4d = 2356 \text{ mm} \text{ (OKE)}$$

3. Lebar komponen tidak boleh kurang dari $0,3h$ dan 250 mm (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.3)

$$b/h = 350 \text{ mm} / 650 \text{ mm} = 0,54 \geq 0,3 \text{ (OKE)}$$

C. Tulangan Minimum dan Maksimum.

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,45$$

$$p_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$p_{\max} = 0,75 \times \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,75 \times \frac{0,85 \times 0,80 \times 35}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\
 &= 0,027
 \end{aligned}$$

D. Perhitungan Tulangan Lentur Balok.

Untuk perhitungan penulangan lentur balok di daerah tumpuan kanan dan kiri disamakan. Sehingga nilai momen untuk daerah tumpuan diambil yang terbesar.

1. Penulangan Negatif Pada Tumpuan

$$Mu = 329054800 \text{ Nmm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{329054800 \text{ Nmm}}{0,9} = 365616444,4 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{365616444,4 \text{ Nmm}}{350 \text{ mm} \times (589 \text{ mm})^2} = 3,011$$

$$\begin{aligned}
 p_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{13,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,45 \times 3,011}{400}} \right) \\
 &= 0,008
 \end{aligned}$$

Cek :

$$p_{\text{min}} < p < p_{\text{max}}$$

$$0,0035 < 0,0080 < 0,027 \text{ (Oke)}$$

Karena memenuhi maka dipakai nilai p_{perlu}

$$As_{\text{perlu}} = p \times bw \times d$$

$$As_{\text{perlu}} = 0,0080 \times 350 \text{ mm} \times 589 \text{ mm}$$

$$As_{\text{perlu}} = 1639,51 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan 5D-22 $\rightarrow As = 1900,66 \text{ mm}^2$

Kontrol jarak tulangan :

$$s = \frac{bw - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \text{senggang}) - (n \times D.\text{lentur})}{n - 1}$$

$$s = \frac{350\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (5 \times 22\text{mm})}{5 - 1}$$

$$s = 35\text{mm} \geq 25\text{mm}....(\text{Ok})$$

Kontrol kemampuan penampang :

$$a = \frac{As \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot bw} = \frac{1900,66\text{mm}^2 \cdot 400\text{Mpa}}{0,85 \cdot 35\text{Mpa} \cdot 350\text{mm}} = 73,01\text{mm}$$

$$Mn = As \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) = 1900,66\text{mm}^2 \times 400\text{Mpa} \cdot \left(589\text{mm} - \frac{73,01\text{mm}}{2} \right)$$

$$Mn = 420,04\text{kNm}$$

$$\phi Mn = 0,9 \times 420,04\text{kNm} = 378,04\text{kNm}$$

Cek :

$$\phi Mn > Mu$$

$$378,04\text{ kNm} > 329,0548\text{ kNm (Ok)}$$

2. Penulangan Positif Pada Tumpuan

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.2.2 mensyaratkan bahwa kuat lentur positif komponen struktur lentur pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari 1/2 kuat lentur negatifnya pada muka tersebut.

- $1/2 \cdot \phi Mn = 1/2 \times 378,04\text{ kNm} = 189,02\text{ kNm}$
- $Mu \text{ Tumpuan Positif (SAP)} = 0,00\text{ kNm}$
Maka, digunakan momen lentur hasil perhitungan kapasitas.

$$Mu = 189,02 \text{ kNm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{189020000 \text{ Nmm}}{0,9} = 210020531,5 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{210020531,5 \text{ Nmm}}{350 \text{ mm} \times (589 \text{ mm})^2} = 1,73$$

$$\begin{aligned} p_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{Fy}} \right) \\ &= \frac{1}{13,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,45 \times 1,73}{400}} \right) \\ &= 0,004 \end{aligned}$$

Cek :

$$p_{\min} < p < p_{\max}$$

$$0,0035 < 0,004 < 0,024 \text{ (Ok)}$$

Karena memenuhi maka dipakai nilai p_{perlu}

$$As_{\text{perlu}} = p \times bw \times d$$

$$As_{\text{perlu}} = 0,004 \times 350 \text{ mm} \times 589 \text{ mm}$$

$$As_{\text{perlu}} = 918,97 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan 3D-22 $\rightarrow As = 1140,40 \text{ mm}^2$

Kontrol jarak tulangan :

$$s = \frac{bw - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \text{sengkang}) - (n \times D_{\text{lentur}})}{n - 1}$$

$$s = \frac{350 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (3 \times 22)}{3 - 1}$$

$$s = 92 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \dots (\text{Ok})$$

Kontrol kemampuan penampang :

$$a = \frac{As \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b_w} = \frac{1140,40 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 350 \text{ mm}} = 43,81 \text{ mm}$$

$$M_n = As \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) = 1140,40 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa} \left(589 \text{ mm} - \frac{43,81 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$M_n = 258,69 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n = 0,9 \times 258,69 \text{ kNm} = 232,82 \text{ kNm}$$

Maka,

$$\phi M_n > M_u$$

$$232,82 \text{ kNm} \geq 189,02 \text{ kNm} \text{ (Oke)}$$

3. Penulangan Lapangan

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.2.2 mensyaratkan bahwa baik kuat lentur negatif maupun kuat lentur positif pada setiap penampang disepanjang bentang tidak boleh kurang dari 1/4 (seperempat) kuat lentur terbesar yang disediakan pada kedua muka kolom tersebut.

- $1/4 \cdot \phi M_n = 1/4 \cdot 378,04 \text{ kNm} = 94,51 \text{ kNm}$
 - $M_u \text{ Lapangan (SAP)} = 147,0251 \text{ kNm}$
- Maka, digunakan momen lentur hasil SAP.

$$M_u = 147,0251 \text{ kNm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{147025100 \text{ Nmm}}{0,9} = 163361222,22 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{163361222,22 \text{ Nmm}}{350 \text{ mm} \times (589 \text{ mm})^2} = 1,345$$

$$p_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{13,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,45 \times 1,345}{400}} \right)$$

$$= 0,0034$$

Cek :

$$p_{\min} < p < p_{\max}$$

$$0,0035 < 0,0034 < 0,024 \text{ (No Oke)}$$

Karena memenehi maka dipakai nilai p min.

$$As_{\text{perlu}} = p \times bw \times d$$

$$As_{\text{perlu}} = 0,0034 \times 350\text{mm} \times 589\text{mm}$$

$$As_{\text{perlu}} = 721,53\text{mm}^2$$

$$\text{Digunakan tulangan 3D-22} \rightarrow As = 1140,40 \text{ mm}^2$$

Kontrol jarak tulangan :

$$s = \frac{bw - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \text{sengkang}) - (n \times D.\text{lentur})}{n - 1}$$

$$s = \frac{350\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (3 \times 22\text{mm})}{2 - 1}$$

$$s = 92\text{mm} \geq 25 \text{ mm (Ok)}$$

Kontrol kemampuan penampang :

$$a = \frac{As.fy}{0,85.f_c'.bw} = \frac{1140,40\text{mm}^2.400\text{Mpa}}{0,85.35\text{Mpa}.350\text{mm}} = 43,81\text{mm}$$

$$Mn = As.fy \left(d - \frac{a}{2} \right) = 1140,40\text{mm}^2.400\text{Mpa} \left(589\text{mm} - \frac{43,81\text{mm}}{2} \right)$$

$$Mn = 258,69\text{kNm}$$

$$\phi Mn = 0,9 \times 258,69\text{kNm} = 232,82\text{kNm}$$

Maka,

$$\phi M_n > M_u$$

$$232,82 \text{ kNm} > 147,03 \text{ kNm (Oke)}$$

Tabel perhitungan balok induk.

No.	Lokasi	As pakai (mm ²)	Mn (kNm)
1.	Tumpuan (Negatif)	1900,66	420,04
2.	Tumpuan (Positif)	1140,40	258,69
3.	Lapangan (Positif)	1140,40	258,69

E. Perhitungan Tulangan Geser Balok

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 21.5.4.1 mengisyaratkan bahwa geser rencana akibat gempa pada balok dihitung dengan mengasumsikan sendi plastis terbentuk di ujung-ujung balok dengan tegangan tulangan lentur balok mencapai $1,25 f_y$ dengan faktor reduksi kuat lentur $\phi = 1$. Perhitungan gaya geser akibat gaya gempa akibat gempa kiri maupun kanan baik (+) maupun (-) direncanakan dengan tulangan yang sama, sehingga dihitung salah satu sisi saja.

1. Kapasitas momen ujung-ujung balok (M_{pr})

Tumpuan negatif :

$$a_{pr-1} = \frac{1,25 \cdot A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b_w} = \frac{1,25 \times 1900,66 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 35 \text{ Mpa} \times 350 \text{ mm}}$$

$$a_{pr-1} = 91,27 \text{ mm}$$

$$M_{pr-1} = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_{pr-1} = 1,25 \times 1900,66 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times \left(589 \text{ mm} - \frac{91,27 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$M_{pr-1} = 516,38 \text{ kNm}$$

Tumpuan positif :

$$a_{pr-2} = \frac{1,25 \cdot A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b_w} = \frac{1,25 \times 1140,40 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 35 \text{ Mpa} \times 350 \text{ mm}}$$

$$a_{pr-2} = 54,76 \text{ mm}$$

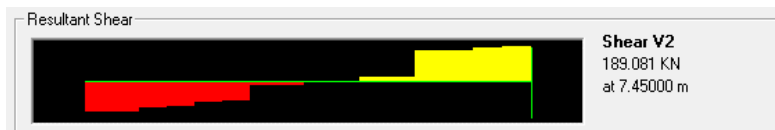
$$M_{pr-2} = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_{pr-2} = 1,25 \times 760,27 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times \left(589 \text{ mm} - \frac{54,76 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$M_{pr-2} = 320,23 \text{ kNm}$$

2. Diagram gaya geser.

Reaksi geser diujung kanan dan kiri balok akibat gaya gravitasi yang bekerja pada struktur diambil dari output SAP 2000 dengan kombinasi 1,2D + 1L :



$$V_g = \frac{W_u \cdot l_n}{2} = 189,081 \text{ kN}$$

$$W_u = 52,89 \text{ kN / m}$$

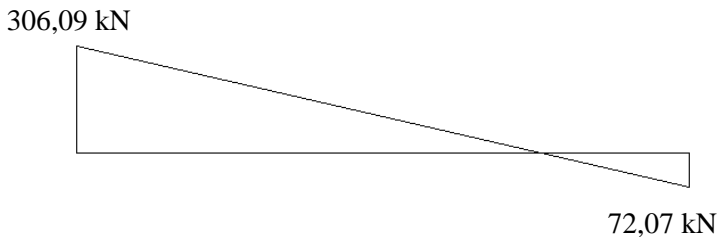
Tabel penulangan dan kapasitas momen penampang balok Induk .

No	Lokasi	As pakai (mm ²)	Mpr kNm)
1	Tumpuan (Negatif)	1900,66	516,38
2	Tumpuan (Positif)	1140,40	320,23

$$V_{sway} = \frac{M_{pr-1} + M_{pr-2}}{l_n} = \frac{516,38 \text{ kNm} + 320,23 \text{ kNm}}{7,15 \text{ m}} = 117,01 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} \text{Total reaksi di ujung kiri balok} &= V_{sway} + V_g \\ &= 117,01 \text{ kN} + 189,081 \text{ kN} \\ &= 306,09 \text{ kN} \\ &\text{Arah gaya geser ke atas} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total reaksi di ujung kanan balok} &= V_{sway} - V_g \\ &= 117,01 \text{ kN} - 189,081 \text{ kN} \\ &= -72,07 \text{ kN} \\ &\text{Arah gaya geser ke bawah} \end{aligned}$$



Gambar 8. 2 Diagram Gaya Geser Balok.

3. Sengkan untuk gaya geser.

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.4.2 : kontribusi beton dalam menahan gaya geser, yaitu $V_c = 0$ pada perencanaan sendi plastis, apabila :

- (1) Gaya geser V_{sway} akibat sendi plastis diujung-ujung balok melebihi $1/2$ kuat geser perlu maksimum, V_u disepanjang bentang.

$$V_{sway} = 117,01 \text{ kN}$$

V_u perlu maksimum hasil analisa struktur kombinasi Envelope = 240,137 kN

$$V_{sway} > 0,5 V_u \text{ perlu.}$$

$$117,01 \text{ kN} > 120,0685 \text{ kN}$$

$$117,01 \text{ kN} > 120,0685 \text{ kN} \text{ (No Oke)}$$

- (2) Gaya tekan aksial terfaktor, termasuk akibat pebebanan gempa, kurang dari $A_g \cdot f_c' / 20$.

$$\frac{A_g \cdot f_c'}{20} = \frac{350 \text{ mm} \cdot 650 \text{ mm} \cdot 35 \text{ Mpa}}{20} = 398,125 \text{ kN}$$

Berdasarkan analisa struktur SAP 2000, gaya aksial tekan akibat kombinasi envelope pada komponen struktur sebesar 124,033 kN < 398,125 kN. (Oke)

Dengan demikian, karena dari persyaratan (1) dan (2) ada yang tidak terpenuhi, maka V_c diperhitungkan disepanjang zona sendi plastis.

- Pada daerah tumpuan (Zona sendi plastis).

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.2.1.1 nilai V_c adalah :

$$V_c = 0,17 \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d = 0,17 \times \sqrt{35 \text{ Mpa}} \times 350 \text{ mm} \times 589 \text{ mm}$$

$$V_c = 207,33 \text{ kN}$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 11.4.7.9 :

$$V_s \max = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d = \frac{2}{3} \times \sqrt{35 \text{ Mpa}} \times 350 \text{ mm} \times 589 \text{ mm}$$

$$V_s \max = 813,07 \text{ kN}$$

Gaya geser maksimum (V_u) = 288,34 kN

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{306,09 \text{ kN}}{0,75} - 207,33 = 200,79 \text{ kN}$$

$$V_s < V_s \max - (\text{Ok})$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 11.4.7.2, nilai spasi tulangan adalah :

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s}$$

Coba digunakan diameter sengkang D10 dipasang 2 kaki, maka :

$$A_v = 2 \times \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2 \right) = 157,14 \text{ mm}^2$$

sehingga diperoleh jarak sengkang:

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{157,14 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times 589 \text{ mm}}{200,79 \text{ kN}} = 184,22 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 21.5.3.1 diperlukan tulangan sengkang tulangan sengkang tertutup di sepanjang jarak 2h dari sisi muka kolom terdekat.

$$2h = 2 \times 650 \text{ mm} = 1300 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 21.5.3.2 sengkang pertama dipasang pada jarak 50 mm dari muka kolom terdekat, dan berikutnya dipasang dengan spasi terkecil diantara :

$$1. \quad d/4 = 589 \text{ mm}/4 = 147,25 \text{ mm}$$

2. 6 x diameter tulangan longitudinal terkecil = 6 x 22 mm = 132 mm

3. 150 mm. Tetapi tidak perlu kurang 100 mm.

Dengan demikian , tulangan sengkang di daerah sendi plastis (1300 mm dari muka kolom) digunakan sengkang **2D10-100 mm.**

- Pada daerah lapangan (Luar sendi plastis)

Gaya geser didaerah lapangan (diluar sendi plastis), yaitu $2h = 2 \times 650 \text{ mm} = 1,3 \text{ m}$ dari muka kolom, adalah :

$V_u = V_u' - (2h.wu) = 306,09 \text{ kN} - (1,3 \text{ m} \times 52,89 \text{ kN/m}) = 237,33 \text{ kN}$. Pada zona ini kontribusi V_c diperhitungkan.

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.2.1.1 nilai V_c adalah :

$$V_c = 0,17 \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d = 0,17 \times \sqrt{35 \text{ Mpa}} \times 350 \text{ mm} \times 589 \text{ mm}$$

$$V_c = 207,33 \text{ kN}$$

Dengan demikian,

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{237,33 \text{ kN}}{0,75} - 207,33 \text{ kN} = 109,11 \text{ kN}$$

Apabila direncanakan tulangan geser D10 dipasang 2 kaki :

$$A_v = 2 \times \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2 \right) = 157,14 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{157,14 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa} \cdot 589 \text{ mm}}{109,11 \text{ kN}}$$

$$s = 294,5 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 21.5.3.4 spasi maksimum tulangan geser disepanjang balok SRPMK adalah $d/2$.

$$S_{\text{max}} = d/2 = 589 \text{ mm}/2 = 294,5 \text{ mm}.$$

Dari perhitungan di atas, untuk bentang diluar sendi plastis digunakan sengkang **2D10-200 mm.**

F. Perhitungan Tulangan Torsi.

1. Periksa kecukupan penampang menahan momen torsi terfaktor berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.3.1 :

$$\sqrt{\left(\frac{Vu}{bw.d}\right)^2 + \left(\frac{Tu.Ph}{1,7.A^2 oh}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{Vc}{bw.d} + 0,66.\sqrt{fc'} \right)$$

$$b_h = b - 2 \times t.decking - D.sengkan$$

$$b_h = 350mm - 2 \times 40mm - 10mm = 260mm$$

$$h_h = h - 2 \times t.decking - D.sengkan$$

$$h_h = 650mm - 2 \times 40mm - 10mm = 560mm$$

- Luas Penampang dibatasi as tulangan sengkang :

$$A_{oh} = b_h \times h_h = 260mm \times 560mm = 145600mm^2$$

- Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang :

$$p_h = 2 \times (b_h \times h_h) = 2 \times (260mm \times 560mm)$$

$$p_h = 1640mm$$

$$\sqrt{\left(\frac{Vu}{bw.d}\right)^2 + \left(\frac{Tu.Ph}{1,7.A^2 oh}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{241689}{350 \times 589}\right)^2 + \left(\frac{14348600 \times 1640}{1,7 \times (145600)^2}\right)^2}$$

$$= 1,34Mpa$$

$$\phi \left(\frac{Vc}{bw.d} + 0,66.\sqrt{fc'} \right) = 0,75 \times \left(\frac{207331,97}{350 \times 589} + 0,66\sqrt{35} \right)$$

$$= 3,68Mpa$$

- Cek kecukupan penampang menahan torsi terfaktor :

$$\sqrt{\left(\frac{Vu}{bw.d}\right)^2 + \left(\frac{Tu.Ph}{1,7.A^2 oh}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{Vc}{bw.d} + 0,66.\sqrt{fc'} \right) \rightarrow \text{Memenuhi}$$

2. Periksa persyaratan pengaruh puntir berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.1. yaitu pengaruh puntir dapat diabaikan jika :

$$Tu < Tu_{\min}$$

$$Tu < \phi \cdot 0,083 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

Dimana :

A_{cp} = Luas Penampang Keseluruhan

P_{cp} = Keliling Penampang Keseluruhan

λ = 1 (beton normal) SNI 03-2847-2013 pasal 8.6.1

ϕ = 0,75 (Faktor reduksi beban torsi)

Dari hasil Output SAP 2000 diperoleh nilai Tu dengan kombinasi Envelope sebesar 14,0916 kNm.

- Periksa persyaratan pengaruh momen puntir :

$$A_{cp} = b \times h = 350 \text{ mm} \times 650 \text{ mm} = 227500 \text{ mm}^2$$

$$P_{cp} = 2 \times (b + h) = 2 \times (350 \text{ mm} + 650 \text{ mm}) = 2000 \text{ mm}$$

$$Tu_{\min} = \phi \cdot 0,083 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$Tu_{\min} = 0,75 \times 0,083 \times 1 \times \sqrt{35} \times \left(\frac{227500^2}{2000} \right)$$

$$Tu_{\min} = 9,53 \text{ kNm}$$

Cek :

$$Tu < Tu_{\min}$$

$$14,09 \text{ kNm} > 9,53 \text{ kNm} \text{ (Perlu Tulangan Puntir)}$$

3. Perhitungan Tulangan Transversal penahan torsi

Dalam menghitung penulangan torsi transversal penahan torsi nilai A_o dapat diambil sama dengan $0,85 A_{oh}$, dan nilai $\Theta = 45^\circ$ (Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.3.6).

$$A_o = 0,85 \cdot A_{oh} = 0,85 \times 145600 \text{ mm}^2 = 123760 \text{ mm}^2$$

$$T_n = \frac{2.A_o.A_T.fyt}{s} \cdot \cot \theta$$

$$\frac{T_u}{\phi} = \frac{2.A_o.A_T.fyt}{s} \cdot \cot \theta$$

$$\frac{At}{s} = \frac{T_u}{\phi.2.A_o.fyt \cdot \cot \theta} \cdot \cot \theta$$

$$\frac{At}{s} = \frac{14091600}{0,75 \times 99008000} \cdot \cot 45^\circ = 0,19 \text{ mm}^2 / \text{mm}$$

Tulangan sengkang daerah tumpuan sebelum torsi

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_{yv}.d} = \frac{163,56}{400.589} = 0,694 \text{ mm}^2 / \text{mm}$$

Kebutuhan tulangan sengkang setelah torsi :

$$\frac{Av_t}{s} = \frac{A_v}{s} + 2 \cdot \frac{At}{s} = 0,694 + 2 \cdot 0,19 = 1,074 \text{ mm}^2 / \text{mm}$$

Tulangan sengkang terpasang daerah tumpuan sebelum torsi
2D10 – 100 mm.

$$\frac{A_{v_{pakai}}}{s} = \frac{2 \times 0,25 \times 3,14 \times 10^2}{100} = 1,57 \text{ mm}^2 / \text{mm}$$

Karena $\frac{A_{v_{pakai}}}{s} > \frac{Av_t}{s}$, maka tulangan sengkang terpasang cukup untuk menahan torsi.

Sehingga, tulangan sengkang terpasang setelah ditambah torsi
: **2D10-100 mm**

Tulangan sengkang daerah lapangan sebelum torsi 2D - 200 mm.

Dengan perhitungan yang sama tulangan sengkang setelah ditambah torsi menjadi : **2D - 200 mm**

4. Perhitungan Tulangan Longitudinal Penahan Torsi.
Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.3.7 Tulangan torsi lentur dihitung dengan rumus :

$$A_{\lambda} = \frac{At}{s} \cdot Ph \cdot \left(\frac{f_{yv}}{f_{yt}} \right) \cdot \cos^2 \theta$$

sehingga,

$$A_{\lambda} = 0,19 \cdot 1640 \cdot \left(\frac{400}{400} \right) \cdot 1 = 311,22 \text{ mm}^2$$

Untuk mendistribusikan A_{λ} secara sama di semua empat muka balok, digunakan $1/4 A_{\lambda}$ di dua sudut teratas dan $1/4 A_{\lambda}$ di dua sudut terbawah. $1/2 A_{\lambda}$ didistribusikan secara sama pada muka-muka vertikal irisan penampang web blok dengan spasi pusat ke pusat tidak melebihi 300 mm.

$$\frac{A_{\lambda}}{4} = \frac{311,22 \text{ mm}^2}{4} = 77,81 \text{ mm}^2$$

Pemasangan penulangan torsi pada tulangan memanjang.

Luasan pasang tulangan puntir longitudinal (sisi tengah)

Digunakan batang **2D10 = 157 mm²** disetiap sisi samping kiri dan kanan balok baik disepanjang tumpuan maupun lapangan.

Luasan pasang tulangan puntir longitudinal daerah tumpuan (sisi atas)

Kebutuhan tulangan tarik setelah ditambah torsi :

$$A_{sperlu} = A_s + A_t = 1639,51 + 77,81 = 1717,32 \text{ mm}^2$$

Tulangan tarik terpasang daerah tumpuan sebelum ditambah torsi **5D-22 (A_s = 1900,7 mm²)**.

Karena $A_s \text{ pasang} > A_s \text{ perlu}$ setelah ditambah torsi, maka tulangan lentur tarik terpasang daerah tumpuan cukup menahan torsi.

Luasan pasang tulangan puntir longitudinal daerah tumpuan (sisi bawah)

Tulangan tekan daerah tumpuan sebelum torsi = 3D-22 ($A_s' = 1140,4 \text{ mm}^2$)

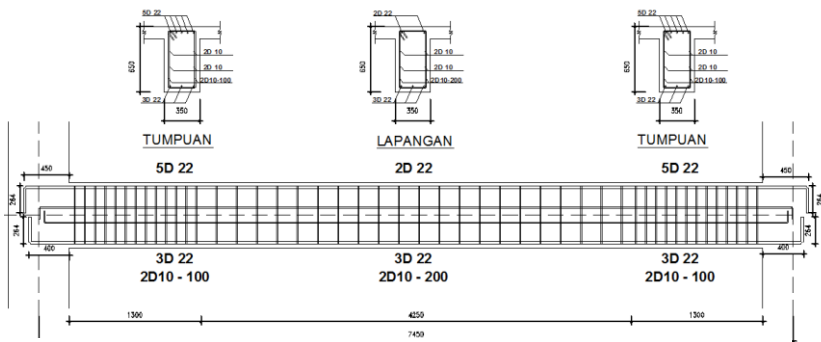
Dengan perhitungan yang sama, tulangan tekan daerah tumpuan setelah ditambah torsi **3D-22**.

Luasan pasang tulangan puntir longitudinal daerah lapangan (sisi bawah)

Tulangan tarik daerah lapangan sebelum torsi = 3D-22 ($A_s = 1140,4 \text{ mm}^2$)

Dengan perhitungan yang sama, tulangan tarik daerah lapangan setelah ditambah torsi **3D-22**.

Resume Penulangan Balok Induk :



Gambar 8. 3 Resume Penulangan Balok Induk

G. Cut off Points.

Dari diagram momen balok, terdapat tulangan atas 5D-22 dimana tulangan 2D-22 akan diteruskan sepanjang bentang balok. Berikut merupakan perhitungan *cut off* :

- Tulangan negatif di muka kolom interior dan exterior.
Jumlah tulangan yang terpasang adalah 5D-22, 2D-22 buah tulangan lapis atas akan dibuat menerus. Sehingga $A_s \text{ sisa} = 1140,4 \text{ mm}^2$.

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b_w} = \frac{1140,4 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 35 \text{ Mpa} \times 350 \text{ mm}}$$

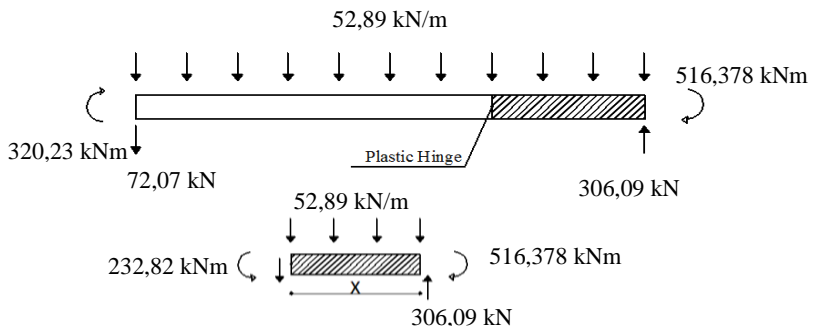
$$a = 43,81 \text{ mm}$$

$$M_n = A_s \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) = 1140,4 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa} \cdot \left(589 \text{ mm} - \frac{43,81 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$M_n = 258,69 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n = 0,9 \times 258,69 \text{ kNm} = 232,82 \text{ kNm}$$

Untuk mengetahui lokasi momen **232,82 kNm** berikut merupakan perhitungannya.



Mencari nilai x :

$$\sum Ma = 0$$

$$0 = 52,89x \cdot 0,5x - 306,09x + (516,38 - 232,82)$$

$$0 = 26,44x^2 - 306,089x + 283,56$$

Dengan menggunakan rumus abc diperoleh :

$$X_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$X_{1,2} = \frac{306,089 \pm \sqrt{(-306,089)^2 - 4 \times 26,44 \times 283,56}}{2 \times 26,44}$$

$$X_1 = 10,56 \text{ m}$$

$$X_2 = 1,02 \text{ m}$$

Momen rencana 232,82 kNm terletak di **1,02 m** baik dari muka kolom interior maupun kolom eksterior. Data ini digunakan untuk menentukan lokasi *cut off point*.

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 12.10.3, tulangan 2D 22 akan dihentikan sejauh yang terbesar diantara :

1. $1,02 \text{ m} + d = 1020 \text{ mm} + 589 \text{ mm} = 1604 \text{ mm}$
2. $1,02 \text{ m} + 12db = 1020 \text{ mm} + 12 \cdot 22 \text{ mm} = 1279 \text{ mm}$

Maka diambil titik putus dari muka kolom sebesar **1700 mm**.

H. Panjang Penyaluran.

Perhitungan panjang penyaluran tulangan $D = 22 \text{ mm}$ berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 12.2 ; 12.3 ; dan 12.5 dimana perhitungannya adalah sbagai berikut :

Diketahui nilai :

$$db = 22 \text{ mm} ; \psi_t = 1,0 ; \psi_e = 1,0 ; \psi_e = 1,0$$

1. Panjang penyaluran tulangan tarik :

$$l_d = \frac{f_y \cdot \Psi_t \cdot \Psi_e}{1,7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \cdot d_b = \frac{400 \text{ Mpa} \cdot 1,1}{1,7 \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}}} \cdot 22 \text{ mm} = 874,98 \text{ mm}$$

Diambil $l_d = 1000 \text{ mm}$

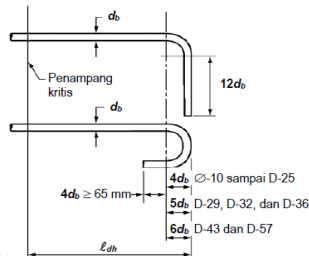
2. Panjang penyaluran tulangan tekan :

$$l_{dc1} = \left(\frac{0,24 \cdot f_y}{\lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right) \cdot d_b = \left(\frac{0,24 \cdot 400 \text{ Mpa}}{1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}}} \right) \cdot 22 \text{ mm} = 356,99 \text{ mm}$$

$$l_{dc2} = 0,043 \cdot f_y \cdot d_b = 0,043 \cdot 400 \text{ Mpa} \cdot 22 \text{ mm} = 378,4 \text{ mm}$$

Diambil yang terbesar yakni $l_{dc} = 378,4 \text{ mm} = 400 \text{ mm}$.

3. Panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik :



Gambar 8. 4 Detail batang tulangan berkait untuk penyaluran kait standart.

$$l_{dh} = \left(\frac{0,24 \cdot \Psi_e \cdot f_y}{\lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right) \cdot d_b$$

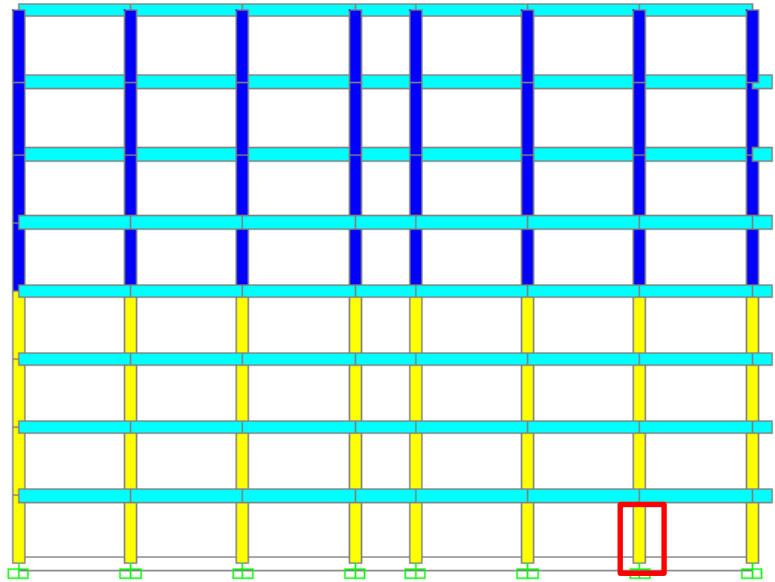
$$l_{dh} = \left(\frac{0,24 \cdot 1,1 \cdot 400 \text{ Mpa}}{1,0 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}}} \right) \cdot 22 \text{ mm} = 356,99 \text{ mm} \approx 450 \text{ mm}$$

Maka dipakai panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik **450 mm** dengan panjang kait $12d_b = 12.22 \text{ mm} = \mathbf{264 \text{ mm}}$.

Tabel 8. 1 Rekapitulasi Tulangan Balok Utama.

Tipe	Bentang Dimensi		Tul. Torsi	Tul. Lentur				Tul. Geser	
				Tumpuan		Lapangan		Tumpuan	Lapangan
	cm			Tarik	Tekan	Tarik	Tekan		
Bl. 1	560	35/65	2D13	5D22	3D22	3D22	2D22	2D13-100	2D13-120
Bl. 2	550	35/65	2D13	4D22	3D22	3D22	2D22	2D13-100	2D13-150
Bl. 3	745	35/65	2D10	5D22	3D22	3D22	2D22	2D13-100	2D13-200
S.1	560	35/65	2D10	4D22	3D22	3D22	2D22	2D10-100	2D10-200
S.2	550	35/65	2D10	4D22	3D22	3D22	2D22	2D10-100	2D10-200

8.3 Perhitungan Penulangan Kolom



Gambar 8. 5 Denah Kolom Desain

A. Data Umum Perencanaan Kolom :

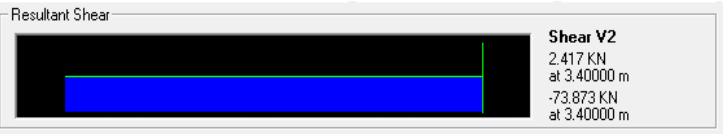
Frame	= 644
Tinggi kolom	= 3400 mm
Dimensi kolom	= 600 mm x 600 mm
Mutu Beton (f_c')	= 35 Mpa
Mutu Baja (f_y)	= 400 Mpa
D-lentur	= 25 mm
D-sengkang	= 13 mm

200

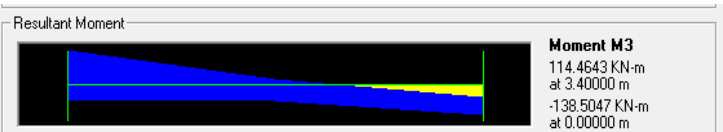
$P_u \text{ Desain} = 3737,636 \text{ kN}$



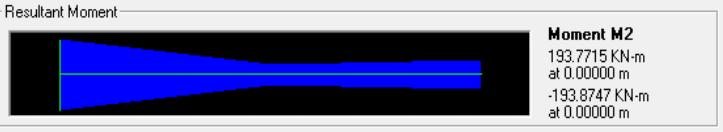
$V_u \text{ Desain} = 73,873 \text{ kN}$



$M3 \text{ Desain} = 138,5047 \text{ kN}$



$M2 \text{ Desain} = 193,7715 \text{ kN}$



$P_u \text{ Atas} = 3239,406 \text{ kN}$



B. Cek Syarat Komponen Struktur Penahan Gempa.

- Gaya aksial terfaktor maksimum yang bekerja pada kolom melebihi $\frac{Ag \times f_c'}{10}$ (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.1)

$$\frac{(600\text{mm} \times 600\text{mm}) \times 35\text{Mpa}}{10} = 1260\text{kN}$$

$$P_u = 3737,636\text{ kN} > 1260\text{ kN}$$

- Sisi terpendek penampang kolom tidak kurang dari 300 mm (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.1.1)

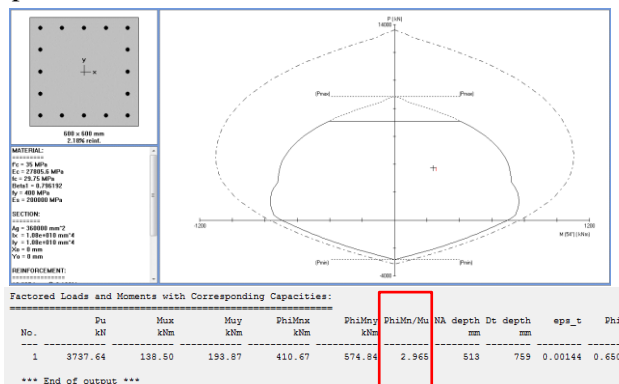
$$\text{Sisi terpendek kolom} = 600\text{ mm} > 300\text{ mm} \text{ (Memenuhi)}$$

- Rasio penampang tidak kurang dari 0,4 (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.1.2)

$$\text{Rasio antara b dan h} = 600\text{ mm} / 600\text{ mm} = 1 > 0,4 \text{ (Memenuhi)}$$

C. Menentukan Tulangan Longitudinal Kolom.

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 21.6.3.1, luas tulangan longitudinal tidak boleh kurang dari 0,01 A_g atau lebih dari 0,06 A_g . Dari analisa trial error menggunakan pcaCol diperoleh 16D-25 dengan $p = 0,0218$ sehingga nilai $0,01 < p < 0,06$ terpenuhi



Gambar 8. 6 Diagram Interaksi pada pcaColumn

D. Cek syarat **strong column weak beam**.

Kekuatan kolom harus memenuhi $\sum M_{nc} \geq 1,2 \sum M_{nb}$

(SNI32847:2013 pasal 21.6.2.2).

a. Menentukan nilai $\sum M_{nb}$

- Menentukan lebar efektif balok

Lebar balok (b_w) = 350 mm

Tinggi balok (h_w) = 650 mm

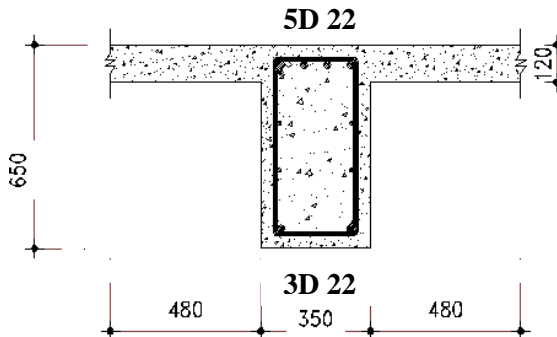
Tebal Pelat (h_f) = 120 mm

$be = b_w + 8 \cdot h_f = 350 \text{ mm} + 8 \cdot 120 \text{ mm} = 1310 \text{ mm}$

$be = b_w + 2h_w = 350 \text{ mm} + 2 \cdot 650 \text{ mm} = 1650 \text{ mm}$

Dipilih yang terkecil, maka $be = 1310 \text{ mm}$

- Menghitung tinggi efektif



Gambar 8. 7 Penampang Blok dan Plat untuk Menentukan Tinggi Efektif

- As tul atas balok = 5D22 (1900,66 mm²)

- As tul bawah balok = 3D22 (1140,40 mm²)

Luas tul. atas (A_{tarik}) = $A_{tarik \text{ balok}} + A_{Spelat}$
 $= 1900,66 + (2 \times 6 \times 1/4 \pi 10^2) = 2842,66 \text{ mm}^2$

$$y = \frac{1900,66.(40 + 13 + \frac{22}{2}) + (6. \frac{\pi}{4} . 10^2).(22 + \frac{10}{2}) + (6. \frac{\pi}{4} . 10^2).(120 - \frac{10}{2})}{2842,66}$$

$$y = 66,32 \text{ mm}$$

$$d \text{ tekan} = h - y = 650 \text{ mm} - 66,32 \text{ mm} = 583,68 \text{ mm}$$

$$d \text{ tarik} = h - \text{cover} - \text{sengakang} - d.\text{lentur}/2$$

$$d \text{ tarik} = 650 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - 22 \text{ mm}/2$$

$$d \text{ tarik} = 586 \text{ mm}$$

- Menentukan nilai M_{nb}^+ dan M_{nb}^-

$$a = \frac{As.fy}{0,85.f'c.b} = \frac{1900,66\text{mm}^2.400\text{Mpa}}{0,85.35\text{Mpa}.400\text{Mpa}} = 73,01\text{mm}$$

$$M_{nb}^- = 1,25.As.fy.\left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$M_{nb}^- = 1,25.1900,66\text{mm}^2.400\text{Mpa}.\left(586\text{mm} - \frac{73,01\text{mm}}{2}\right)$$

$$M_{nb}^- = 522,20\text{kNm}$$

$$a = \frac{As.fy}{0,85.f'c.b} = \frac{1140,40\text{mm}^2.400\text{Mpa}}{0,85.35\text{Mpa}.400\text{Mpa}} = 43,81\text{mm}$$

$$M_{nb}^+ = 1,25.As.fy.\left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$M_{nb}^+ = 1,25.1140,40\text{mm}^2.400\text{Mpa}.\left(583,68\text{mm} - \frac{43,81\text{mm}}{2}\right)$$

$$M_{nb}^+ = 332,81\text{kNm}$$

Maka :

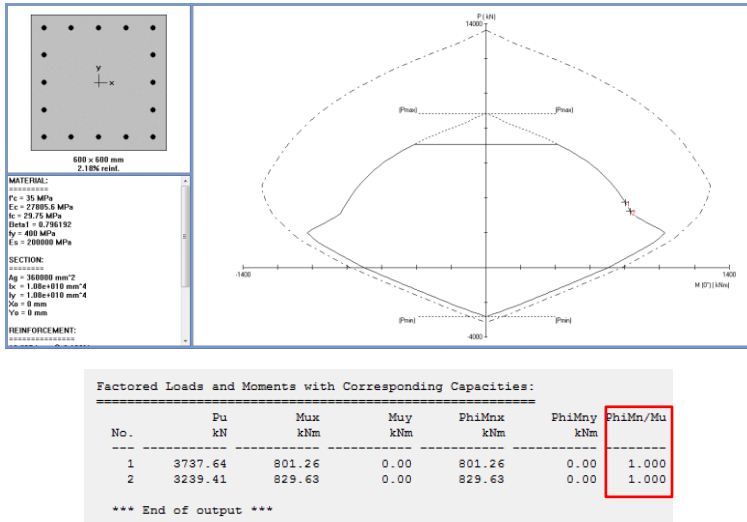
$$\sum M_{nb} = M_{nb}^- + M_{nb}^+$$

$$\sum M_{nb} = 522,20\text{kNm} + 332,81\text{kNm} = 855,01\text{kNm}$$

$$1,2.\sum M_{nb} = 1,2 \times 855,01\text{kNm} = 1026,02\text{kNm}$$

b. Menentukan nilai $\sum M_{nc}$:

Untuk menentukan nilai M_{nc} , didapatkan dari diagram interaksi P-M antara kolom atas dengan kolom desain dengan program bantu pcaCounm. Berikut merupakan hasil dari diagram interaksi antara kolom atas dan kolom desain.



Gambar 8. 8 Output Diagram Interaksi P-M Kolom Desain dan Kolom Atas

Dari gambar diatas , didapatkan nilai M_{nc} kolom atas dan M_{nc} kolom desain yakni :

$$M_{nc} \text{ kolom atas} = 829,63 \text{ kNm}$$

$$M_{nc} \text{ kolom desain} = 801,26 \text{ kNm}$$

$$\sum M_{nc} = M_{nc_desain} + M_{nc_atas}$$

$$\sum M_{nc} = 801,26 \text{ kNm} + 829,63 \text{ kNm} = 1630,89 \text{ kNm}$$

Maka dilakukan cek syarat $\sum M_{nc} \geq 1,2 \sum M_{nb}$

$$1630,89 \text{ kNm} \geq 1026,02 \text{ kNm}$$

Maka syarat “***Strong Column Weak Beam***” terpenuhi.

E. Perhitungan Tulangan Transversal sebagai *Confinement*.

1. Menentukan daerah pemasangan tulangan sengkang persegi (hoop). Tulangan hoop diperlukan sepanjang l_o dari ujung-ujung kolom dengan l_o merupakan nilai terbesar berdasarkan ***SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.4.1*** :

- Tinggi komponen struktur pada muka joint, $h = 600 \text{ mm}$
- $1/6$ bentang bersih komponen struktur :

$$\frac{1}{6} \cdot l_n = \frac{1}{6} \cdot (3400 \text{ mm} - 600 \text{ mm}) = 466,667 \text{ mm}$$

- 450 mm

Maka digunakan yang paling besar, yakni $l_o = 600 \text{ mm}$

2. Menentukan spasi maksimum hoop, s_{\max} pada daerah sepanjang l_o dari ujung-ujung kolom. Nilai s_{\max} merupakan nilai terbesar berdasarkan ***SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.4.3*** :

- $1/4$ dimensi komponen struktur minimum :

$$1/4 \cdot 600 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$$

- $6 \times d_b = 6 \times 25 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$
- Nilai S_o , dimana :

$$S_o = 100 + \left(\frac{350 - 0,5 \cdot h_x}{3} \right)$$

$$h_x = 600 \text{ mm} - 2 \times 40 \text{ mm} - 2 \times 25 \text{ mm} = 336 \text{ mm}$$

$$S_o = 100 + \left(\frac{350 - 0,5 \cdot 336 \text{ mm}}{3} \right) = 160,67 \text{ mm}$$

Namun, nilai S_o tidak perlu diambil kurang dari 100 mm sehingga $S_o = 100 \text{ mm}$.

3. Menentukan luas tulangan *confinement*.

Berdasarkan **SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.4.4**, untuk daerah sepanjang l_o dari ujung-ujung kolom total luas penampang hoop tidak boleh kurang dari salah satu yang terbesar diantara:

$$A_{sh1} = 0,3 \cdot \left(\frac{s \cdot b_c \cdot f_c'}{f_y t} \right) \cdot \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \text{ dan } A_{sh2} = \frac{0,09 \cdot s \cdot b_c \cdot f_c'}{f_y t}$$

$$\begin{aligned} bc &= \text{lebar inti penampang beton (yang terkekang)} \\ &= b_w - 2 \times (t + 0,5 \cdot db) \\ &= 600 \text{ mm} - 2 \times (40 \text{ mm} + 0,5 \cdot 13 \text{ mm}) = 533 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{ch} &= \text{Luas penampang inti beton} \\ &= (b_w - 2 \cdot t) \times (b_w - 2 \cdot t) \\ &= (600 \text{ mm} - 2 \cdot 40 \text{ mm}) \times (600 \text{ mm} - 2 \cdot 40 \text{ mm}) \\ &= 270400 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Sehingga :

$$A_{sh1} = 0,3 \cdot \left(\frac{100 \text{ mm} \times 533 \text{ mm} \times 35 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \right) \cdot \left(\frac{600 \text{ mm} \times 600 \text{ mm}}{270400} - 1 \right)$$

$$A_{sh1} = 463,62 \text{ mm}^2$$

$$A_{sh2} = \frac{0,09 \cdot 100 \text{ mm} \cdot 533 \text{ mm} \cdot 35 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}}$$

$$A_{sh2} = 419,74 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai yang terbesar yakni $A_{sh} = 463,62 \text{ mm}^2$

Digunakan sengkang (hoop) **4 kaki D13-100** disepanjang l_o :

$$A_{sh} = 4 \times \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (13 \text{ mm})^2 \right) = 530,66 \text{ mm}^2$$

Berdasarkan **SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.4.5**, untuk daerah sepanjang sisa tinggi kolom bersih (tinggi kolom total dikurangi l_o di masing-masing ujung kolom) diberi hoops dengan spasi minimum yakni :

- 6.db = 6. 25 mm = 150 mm
- 150 mm

Maka dipakai yang terkecil yakni $s = 150$ mm

Sehingga digunakan spasi **4D13-150** untuk daerah diluar lo.

F. Perhitungan Gaya Geser Desain, V_e

Gaya geser desain yang digunakan untuk menentukan jarak dan luas tulangan transversal dimana ditentukan dari nilai (i) dan (ii) :

$$(i) V_{sway} = \frac{M_{prb_atas} \cdot DF_{atas} + M_{prb_bawah} \cdot DF_{bawah}}{ln}$$

(ii) V_u hasil analisa struktur

a. Menghitung Gaya Geser Desain, V_e .

Dari hasil perhitungan kebutuhan tulangan pada balok lantai atas dan bawah sebelumnya diperoleh tulangan sebesar :

$M_{pr_b} (-) = 516,38$ kNm

$M_{pr_b} (+) = 320,23$ kNm

Karena kolom atas dan bawah kekakuannya sama maka nilai DF_{atas} dan $DF_{bawah} = 0,5$, maka nilai V_e sebagai berikut :

$$V_{sway} = \frac{M_{prc_atas} \cdot DF_{atas} + M_{prc_bawah} \cdot DF_{bawah}}{ln}$$

$$V_{sway} = \frac{(516,38 + 320,23) \cdot 0,5 + (516,38 + 320,23) \cdot 0,5}{2750}$$

$$V_{sway} = 304,2 \text{ kN}$$

Dari hasil analisa struktur dengan program bantu SAP 2000 diperoleh $V_u = 73,873$ kN.

Karena nilai $V_{sway} > V_u$ hasil analisa struktur, maka nilai V_e dipakai nilai $V_{sway} = 304,223 \text{ kN}$.

b. Cek kontribusi beton dalam menahan gaya geser, V_c .

Berdasarkan **SNI 03-2847-2013 pasal 21.6.5.2**, kontribusi beton akan diabaikan dalam menahan gaya geser rencana apabila :

- Apabila nilai $V_e > 1/2 V_u$
 $304,223 \text{ kN} > 36,9365 \text{ kN}$ (**Oke**)
- Apabila $P_u < \frac{A_g \cdot f_c'}{10}$
 $3737,636 \text{ kN} < \frac{600\text{mm} \times 600\text{mm} \times 35\text{Mpa}}{10}$
 $3737,636 \text{ kN} < 1260 \text{ kN}$ (**No Oke**)

Karena terdapat salah satu syarat yang tidak terpenuhi, maka kontribusi V_c dapat diperhitungkan. Berdasarkan **SNI 03-2847-2013 pasal 11.2.1.1** nilai $V_c = 0,17 \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d$, sehingga :

- $d = 600\text{mm} - 40\text{mm} - 13\text{mm} - 25\text{mm} / 2 = 534,5\text{mm}$
- $V_c = 0,17 \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d$
 $V_c = 0,17 \times \sqrt{35\text{Mpa}} \times 600\text{mm} \times 534,5\text{mm}$
 $V_c = 322,54\text{kN}$

c. Menghitung V_s min.

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.4.5.3 nilai V_s min = $0,33 \cdot b_w \cdot d = 0,33 \cdot 600\text{mm} \cdot 534,5 \text{ mm} = 105,83 \text{ kN}$.

d. Menghitung kebutuhan tulangan transversal untuk menahan gaya geser rencana :

$$V_s = \frac{V_e}{\phi} - V_c = \frac{304,22kN}{0,75} - 322,54N = 83,09kN$$

Karena nilai V_s perlu $< V_s$ min, Sehingga tulangan transversal penahan geser tidak perlu diperhitungkan dan digunakan hasil perhitungan tulangan transversal sebagai *confinement* yakni **4D13-150 mm**.

G. Perhitungan Sambungan Lewatan.

Berdasarkan **SNI 03-2847-2013 pasal 12.17.2.2**, karena seluruh tulangan pada sambungan lewatan disalurkan pada lokasi yang sama, maka sambungan lewatan yang digunakan tergolong kelas B. Untuk sambungan kelas B panjang minimum lewatannya adalah $1,3.l_d$. Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 12.2.2 dimana :

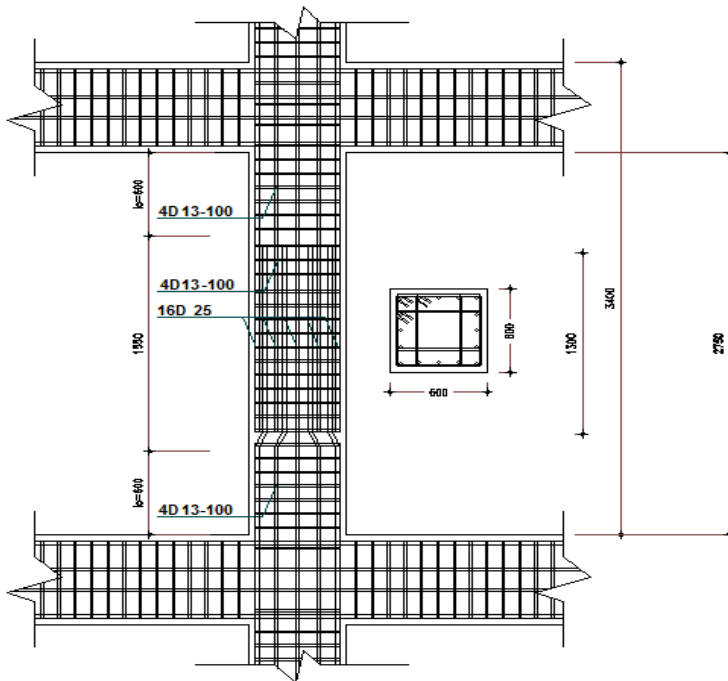
Diketahui nilai : $d_b = 25 \text{ mm}$ $\psi_t = 1,0$
 $\lambda = 1$
 $\psi_e = 1,0$

$$l_d = \frac{f_y \cdot \Psi_t \cdot \Psi_e}{1,7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \cdot d_b$$

$$l_d = \frac{400Mpa \times 1 \times 1}{1,7 \times 1 \times \sqrt{35Mpa}} \times 25mm = 994mm$$

$$1,3.l_d = 1,3 \times 994mm = 1292,59mm \approx 1300mm$$

Jadi, digunakan sambungan lewatan sepanjang **1300 mm**.



Gambar 8. 9 Detail Tulangan Kolom

8.4 Desain HBK (Hubungan Balok Kolom)

1. Cek syarat panjang joint.

Dimensi kolom yang sejajar dengan tulangan balok tidak boleh kurang dari 20 kali diameter tulangan longitudinal terbesar berdasarkan (SNI 03-2847-2013 pasal 21.7.2.3)

$$b = h = 600 \text{ mm}$$

$$20 \cdot d_b = 20 \cdot 25 \text{ mm} = 500 \text{ mm} < 600 \text{ mm (OK)}$$

2. Menentukan luas efektif joint, A_j

A_j merupakan perkalian tinggi joint dengan lebar joint efektif berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 21.7.4.1

$$b = 350 \text{ mm}$$

$$h = 600 \text{ mm}$$

$$x = (600-350)/2 = 125 \text{ mm}$$

Tinggi joint = tinggi keseluruhan kolom, $h = 600 \text{ mm}$

Lebar joint efektif merupakan nilai terkecil dari :

- $b + h = 350 \text{ mm} + 600 \text{ mm} = 950 \text{ mm}$
- $b + 2x = 350 \text{ mm} + 2 \cdot 125 \text{ mm} = 600 \text{ mm}$

$$A_j = \text{tinggi joint} \times \text{lebar efektif joint} = 600 \text{ mm} \times 600 \text{ mm} = 360000 \text{ mm}^2$$

3. Menghitung tulangan transversal untuk *confinement*.

Untuk joint interior, jumlah tulangan *confinement* setidaknya setengah dari tulangan *confinement* yang dibutuhkan di ujung-ujung kolom. Spasi vertikal tulangan *confinement* ini diizinkan untuk diperbesar hingga 150 mm (**SNI32847:2013 pasal 21.7.3.2**).

$$\frac{A_{sh}}{s} \text{ joint} = 0,5 \cdot \frac{A_{sh}}{s} \text{ kolom} = 0,5 \cdot \frac{463,615 \text{ mm}^2}{100 \text{ mm}} = 2,32 \text{ mm}^2 / \text{mm}$$

Digunakan jarak (s) = 150 mm

$$A_{sh} = 2,32 \text{ mm}^2 / \text{mm} \cdot 150 \text{ mm} = 348 \text{ mm}^2$$

Dipakai sengkang **4 kaki D13 = 531 mm²**

1. Menghitung gaya geser pada joint

- Hitung M_e

Balok yang memasuki joint memiliki $M_{pr}^{(+)} = 320,23 \text{ kNm}$, dan $M_{pr}^{(-)} = 516,38 \text{ kNm}$. Pada joint, kekakuan kolom atas dan kolom bawah sama, sehingga $DF = 0,5$ untuk setiap kolom.

Sehingga :

$$M_e = 0,5 \times (M_{pr}^{+} + M_{pr}^{-}) = 0,5 \times (516,38 + 320,23) = 418 \text{ kNm}$$

- Hitung geser pada kolom atas

$$V_{\text{sway}} = \frac{Me + Me}{lu} = \frac{418kNm + 418kNm}{2,75m} = 304,2kN$$

- Menghitung gaya-gaya pada tulangan balok longitudinal

- Gaya tarik pada tulangan balok di bagian kiri

$$A_s \text{ balok kiri } \mathbf{5D22 = 1900,66 \text{ mm}^2}$$

$$T1 = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y = 1,25 \cdot 1900,66 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa} = 950,33kN$$

Gaya tekan yang bekerja pada balok ke arah kiri

$$T1 = C1 = 950,33kN$$

- Gaya tarik pada tulangan balok di bagian kanan

$$A_s \text{ balok kiri } \mathbf{5D22 = 1900,66 \text{ mm}^2}$$

$$T1 = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y = 1,25 \cdot 1900,66 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa} = 950,33kN$$

Gaya tekan yang bekerja pada balok ke arah kiri

$$T1 = C1 = 950,33kN$$

- Hitung gaya geser pada joint

$$V_j = V_{\text{sway}} - T1 - C2 = 304,2kN - 950,33kN - 950,33kN$$

$$V_j = -1596kN$$

2. Cek kuat geser joint

Kuat geser joint yang dikekang di keempat sisinya adalah

(**SNI32847:2013 pasal 21.7.4.1**)

$$V_n = 1,7 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot A_j = 1,7 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 360000 \text{ mm}^2$$

$$V_n = 3620,641kN > 1596,441kN \text{ (Oke)}$$

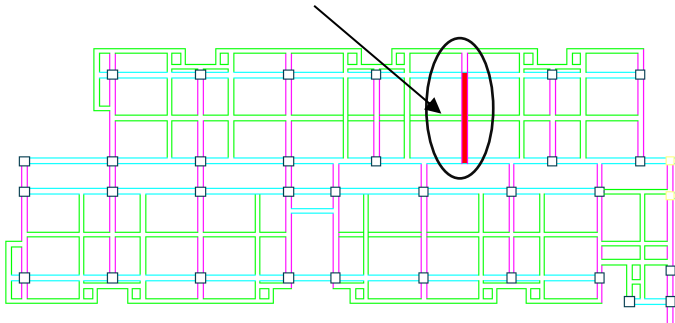
Sehingga kuat geser join memenuhi.

8.5 Perhitungan Penulangan *Shear wall*

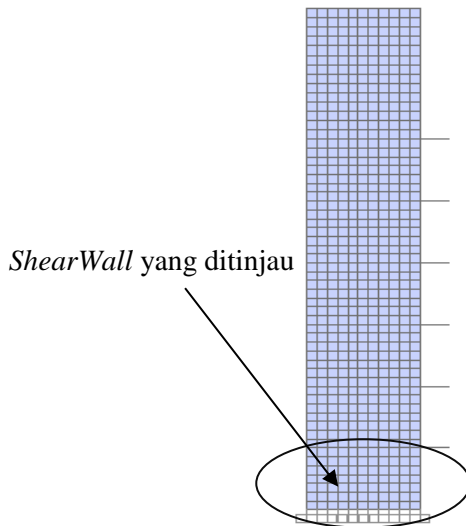
Pada dinding geser, gaya maksimum terjadi pada dasar dinding, yaitu V_u maksimum dan momen maksimum M_u . Jika tegangan lentur diperhitungkan besar tegangan lentur tersebut akan dipengaruhi oleh beban aksial (kombinasi beban aksial lentur).

Dalam struktur bangunan ini terdapat 9 model seksional dinding geser, yaitu SW1 sampai dengan SW9. Dengan tebal masing-masing 300 mm. Adapun data-data perhitungan SW 1 adalah sebagai berikut ;

ShearWall yang ditinjau



Gambar 8. 9 Denah *ShearWall*

Gambar 8. 10 Potongan Lokasi *ShearWall*8.5.1 Data Umum Perencanaan *Shear wall* :

Tebal dinding	= 300 mm
Panjang badan	= 5500 mm
Tinggi total dinding	= 27600 mm
Selimut Beton	= 40 mm
Mutu Beton (f_c')	= 35 Mpa
Mutu Baja (f_y)	= 400 Mpa
P_u (Envelope)	= 6216,083 kN
V_u (Envelope)	= 2884,817 kN
M_u (Envelope)	= 27508,845 kNm

8.5.2 Kontrol Ketebalan Terhadap Gaya Geser.

Berdasarkan **SNI 03-2847-2013 pasal 21.9.4.4**, kuat geser nominal tiap dinding individual tidak boleh melebihi :

$$0,83.A_c w. \sqrt{f_c'}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} A_{cw} &= \text{Luas penampang dinding yang ditinjau} \\ &= \text{tebal dinding} \times (0,8 \text{ panjang badan}) \\ &= 300 \text{ mm} \times 0,8 \times 5500 \text{ mm} = 1.320.000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$2884,817 \text{ kN} < 0,83 \cdot A_{cw} \cdot \sqrt{f_c'}$$

$$2884,817 \text{ kN} < 0,83 \cdot 1.320.000 \text{ mm}^2 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}}$$

$$2884,817 \text{ kN} < 6481,7 \text{ kN}$$

Maka, **ketebalan Shear Wall mampu untuk menahan geser.**

8.5.3 Menentukan Kebutuhan Baja Tulangan Vertikal dan Horizontal Minimum.

1. Rasio Tulangan Minimum

Berdasarkan **SNI 03-2847-2013 Pasal 21.9.2.1**, Apabila nilai $V_u > 0,083 \cdot \lambda \cdot A_{cv} \cdot \sqrt{f_c'}$, maka p_{min} tulangan horizontal dan vertikal adalah 0,0025.

$$\begin{aligned} A_{cv} &= \text{panjang badan} \times \text{tebal dinding} \\ &= 5500 \text{ mm} \times 300 \text{ mm} \\ &= 1.650.000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\lambda = 1 \text{ (Untuk beton normal)}$$

maka,

$$V_u > 0,083 \cdot A_{cv} \cdot \sqrt{f_c'}$$

$$2884,817 \text{ kN} > 0,083 \cdot 1.650.000 \text{ mm}^2 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}}$$

$$2884,817 \text{ kN} > 810,207 \text{ kN}$$

Maka rasio tulangan vertikal dan horizontal adalah **0,0025**.

2. Cek Kebutuhan Lapis Tulangan

Berdasarkan **SNI 03-2847-2013 Pasal 21.9.2.2**, Apabila $V_u > 0,17 \cdot A_{cv} \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}$, maka dibutuhkan 2 lapis tulangan.

$$0,17 \cdot A_{cv} \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} = 0,17 \cdot 1.650.000 \text{ mm}^2 \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} = 1659,46 \text{ kN},$$

karena nilai $V_u = 2884,817 \text{ kN} > 1659,46 \text{ kN}$. Maka diperlukan 2 lapis tulangan.

3. Perhitungan Tulangan Longitudinal dan Transversal

Luas minimal tulangan per meter panjang :

$$= 300 \text{ mm} \times 1000 \text{ mm} = 300.000 \text{ mm}^2$$

Luas minimal kebutuhan tulangan per meter panjang arah longitudinal dan transversal :

$$A_{s \text{ min}} = 0,0025 \cdot 300.000 \text{ mm}^2 = 750 \text{ mm}^2/\text{mm} = 0,75 \text{ mm}^2/\text{mm}.$$

Karena minimal 2 lapis tulangan, maka coba dipakai tulangan

$$2 \text{ kaki D19 dengan } A_s = 2 \times \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (19 \text{ mm})^2 \right) = 567,08 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak tulangan, } s = \frac{A_s}{A_{s \text{ min}}} = \frac{567,08 \text{ mm}^2}{0,75 \text{ mm}^2 / \text{mm}} = 756,08 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai tulangan **2D19 – 150 mm** pada arah horizontal dan vertikal.

8.5.4 Kuat Geser Dinding Struktural

Berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 21.9.4.1*, kuat geser nominal dinding dapat dihitung sebaga berikut :

$$V_n = A_{cv} \cdot (\alpha \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} + \rho_t \cdot f_y)$$

Dimana :

$$\begin{aligned} \alpha &= 0,25 \text{ untuk } h_w/l_w \leq 1,5 \\ &= 0,17 \text{ untuk } h_w/l_w \geq 2,0 \\ &= \text{variatif secara linier antara } 0,25 \text{ dan } 0,17 \text{ untuk } h_w/l_w \\ &\text{antara } 1,5 \text{ dan } 2,0 \end{aligned}$$

$$\frac{h_w}{l_w} = \frac{\text{Tinggi Total Dinding}}{\text{Panjang Dinding}} = \frac{27600 \text{ mm}}{5500 \text{ mm}} = 5,02$$

karena nilai $h_w/l_w > 2,0$ maka $\alpha = 0,17$

Pada dinding terdapat tulangan transversal dengan konfigurasi **2D19 – 150 mm**. Rasio tulangan transversal terpasang adalah :

$$p_t = \frac{A_s}{s.t} = \frac{567mm^2}{150mm.300mm} = 0,013$$

Maka kuat geser nominal pada dinding adalah :

$$V_n = 1.650.000 \left(0,17 \times 1 \times \sqrt{35Mpa} + 0,013 \times 400Mpa \right)$$

$$V_n = 9976,30kN$$

$$\phi V_n = 0,75 \times 9976,30kN = 7482,23kN$$

Karena nilai $V_u = 2884,817 \text{ kN} < \phi V_n = 7482,23kN$ (OK)

Maka dinding cukup menahan geser.

Berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 21.9.4.4* membatasi kuat geser nominal maksimum dinding geser sebagai berikut :

$$V_n _ maks = 0,83.Acw.\sqrt{f_c'} = 0,83.1.320.000mm^2.\sqrt{35Mpa}$$

$$V_n _ maks = 6481,66kN$$

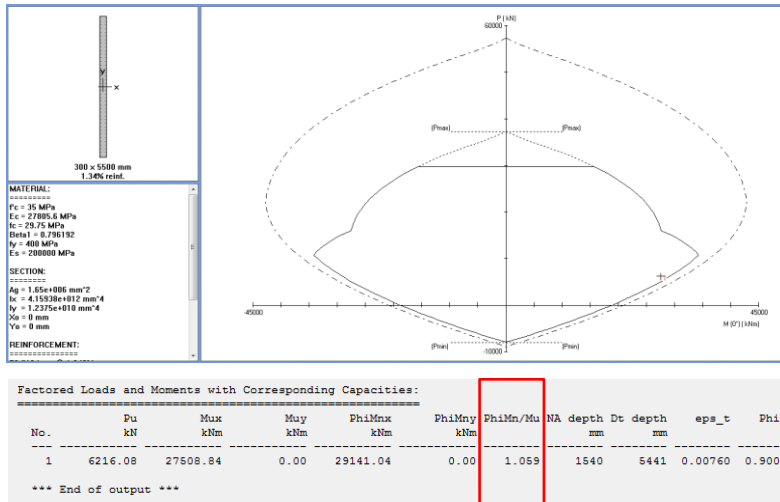
Karena $\phi V_n > V_n_maks$, maka dipakai yang terkecil yakni **6481,66 kN**.

8.5.5 Perencanaan Dinding Geser Terhadap Kombinasi Aksial dan Lentur.

Kuat lentur dinding struktur diperoleh dengan membuat diagram interaksi dari dinding tersebut menggunakan program bantu *pcaColumn*. Gaya-gaya yang dimasukkan adalah gaya yang terdapat pada dinding yakni :

$$P_u \text{ (Envelope)} = 6216,083 \text{ kN}$$

$$M_u \text{ (Envelope)} = 27508,8447 \text{ kN-m}$$



Gambar 8. 11 Diagram Interaksi Dinding Struktural

Dapat dilihat pada diagram interaksi diatas bahwa dinding struktural mampu menahan gaya aksial dan momen yang terjadi menggunakan konfigurasi penulangan 2D19-150 mm.

8.5.6 Pemeriksaan Terhadap Syarat Komponen Batas Khusus (*Special Boundary Element*).

Untuk pemeriksaan terhadap kebutuhan special boundary element dihitung menggunakan pendekatan tegangan, yakni :

Luas dinding bruto = $A_g = 300 \text{ mm} \times 5500 \text{ mm} = 165 \text{ mm}^2$

$$I_g = \frac{1}{12} \times b \times h^3$$

$$I_g = \frac{1}{12} \times 300 \text{ mm} \times (5500 \text{ mm})^3 = 4,16 \text{ m}^4$$

$$y = \text{panjang dinding} / 2 = 5500 \text{ mm} / 2 = 2750 \text{ mm} = 2,75 \text{ m}$$

Daerah tekan harus diperkuat dngan elemen khusus pembatas apabila :

$$\frac{P_u}{A_g} + \frac{M_u.y}{I_g} > 0,2.f_c'$$

$$\frac{6216,083kN}{165} + \frac{27508,84 \times 2,75}{4,16} > 0,2.35Mpa$$

$$18,225Mpa > 7Mpa$$

Maka diperlukan *special boundary element* didaerah tekan pada dinding.

8.5.7 Penentuan Panjang *Special Boundary Element*.

Berdasarkan **SNI 03-2847-2013 Pasal 21.9.6.4**, special boundary element harus dipasang secara horizontal dari sisi serat tekan teluar tidak kurang dari pada $c - 0,1.l_w$ dan $c/2$. Untuk nilai c didapatkan dari *pcaCOL* yakni sebesar :

Load No.	PhiFn kN	PhiMnx kNm	NA depth mm	Dt depth mm	eps_t	Phi
1	6216.1	29141.04	1540	5441	0.00760	0.900
		-29141.04	1540	5441	0.00760	0.900

*** End of output ***

$$c = 1540 \text{ mm}$$

$$c - 0,1.l_w = 1540 \text{ mm} - 0,1.5500 \text{ mm} = 990 \text{ mm}$$

$$c/2 = 1543 \text{ mm}/2 = 770 \text{ mm}$$

Panjang *boundary element* harus dipasang minimal sejarak 990 mm dari serat tekan teluar, sehingga panjang yang dipakai untuk *special boundary element* adalah **1000 mm**.

8.5.8 Perhitungan Tulangan Longitudinal dan Transversal pada Daerah *Special Boundary Element*.

- Tulangan Longitudinal Daerah *Special Boundary Element*.
 Sesuai hasil perhitungan diatas dilakukan pengecekan, pada diagram interaksi didapat hasil pasang 13D19 pada daerah komponen batas khusus. Rasio tulangan yang dihasilkan sebesar :

$$p = \frac{13 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 19^2}{300 \times 1000}$$

$$p = 0,01259$$

Menurut *Iswandi, 2014* berdasrakan UBC (1997) :

$p_{hitung} = 0,01259 > p_{min} = 0,005 \rightarrow \text{Ok}$

8.5.9 Tulangan *Confinement Shear Wall*.

1. Tulangan *Confinement* pada *special boundary element*

a. Tulangan *confinement* pada arah sejajar dinding.

Apabila digunakan *hoop* berbentuk persegi berdiameter D13, maka spasi maksimum *hoop* ditentukan yang terkecil diantara :

- 1/4 dimensi komponen struktur minimum :

$$1/4. 300 \text{ mm} = 75 \text{ mm}$$

- $6 \times db = 6 \times 19 \text{ mm} = 114 \text{ mm}$

- Nilai S_o , dimana :

$$S_o = 100 + \left(\frac{350 - 0,5 \cdot hx}{3} \right)$$

$$hx = \frac{2}{3} \cdot (300 \text{ mm} - 2 \cdot (40 \text{ mm} + 13 \text{ mm} / 2)) = 138 \text{ mm}$$

$$S_o = 193,67 \text{ mm}$$

Namun, nilai S_o tidak perlu diambil kurang dari 100 mm sehingga S_o diambil = **100 mm**.

karakteristik inti penampang :

bc = dimensi inti core, diukur dari sumbu ke sumbu hoop.
 $= 300 \text{ mm} - (2 \cdot 40 \text{ mm} + 2 \cdot 13 \text{ mm}/2) = 207 \text{ mm}$

Tulangan *confinement* yang dibutuhkan adalah :

$$A_{shl} = \frac{0,09 \cdot s \cdot bc \cdot f_c'}{f_y t}$$

$$A_{shl} = \frac{0,09 \cdot 100 \text{ mm} \cdot 207 \text{ mm} \cdot 35 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} = 163 \text{ mm}^2$$

Apabila digunakan 2D13 maka:

$$A_s = 2 \times \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (13 \text{ mm})^2 \right) = 265,465 \text{ mm}^2 > 163 \text{ mm}^2$$

Jadi, sesuai perhitungan diatas pada daerah *special boundary element* dapat dipasang tulangan *confinement* **2 kaki D13-100**.

b. Tulangan *confinement* pada arah tegak lurus dinding.

Apabila digunakan *hoop* berbentuk persegi berdiameter D13, maka spasi maksimum *hoop* ditentukan yang terkecil diantara :

- 1/4 dimensi komponen struktur minimum :
 $1/4 \cdot 300 \text{ mm} = 75 \text{ mm}$
- $6 \times d_b = 6 \times 19 \text{ mm} = 114 \text{ mm}$
- Nilai S_o , dimana :

$$S_o = 100 + \left(\frac{350 - 0,5 \cdot h_x}{3} \right)$$

$$h_x = \frac{2}{3} \cdot (1000 \text{ mm} - 2 \cdot (40 \text{ mm} + 13 \text{ mm}/2)) = 604,67 \text{ mm}$$

$$S_o = 115,89 \text{ mm}$$

Namun, nilai S_o tidak perlu diambil kurang dari 100 mm sehingga S_o diambil = **100 mm**.

karakteristik inti penampang :

bc = dimensi inti core, diukur dari sumbu ke sumbu hoop.
 $= 1000 \text{ mm} - (2 \cdot 40 \text{ mm} + 2 \cdot 13 \text{ mm}/2) = 907 \text{ mm}$

Tulangan *confinement* yang dibutuhkan adalah :

$$A_{sh1} = \frac{0,09 \cdot s \cdot bc \cdot f_c'}{f_y t}$$

$$A_{sh1} = \frac{0,09 \cdot 100 \text{ mm} \cdot 907 \text{ mm} \cdot 35 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} = 714 \text{ mm}^2$$

Apabila digunakan 6D13 maka:

$$A_s = 6 \times \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (13 \text{ mm})^2 \right) = 796,40 \text{ mm}^2 > 714 \text{ mm}^2$$

Jadi, sesuai perhitungan diatas pada daerah *special boundary element* dapat dipasang tulangan *cross ties* **6 D13-100**.

8.6.10 Panjang Penyaluran Tulangan

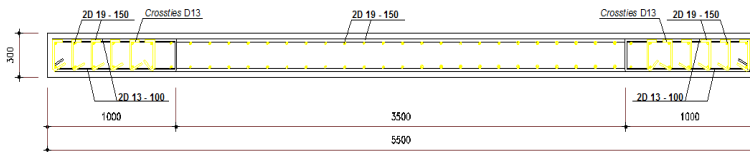
Berdasarkan **SNI 03-2847-2013 pasal 12.17.2.2** untuk panjang penyaluran tulangan D19 adalah sebagai berikut :

Diketahui nilai : $db = 19 \text{ mm}$ $\psi_t = 1,0$
 $\lambda = 1,0$ $\psi_e = 1,0$

$$l_d = \frac{f_y \cdot \psi_t \cdot \psi_e}{2,1 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \cdot db$$

$$l_d = \frac{400 \text{ Mpa} \cdot 1,1}{2,1 \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}}} \cdot 19 \text{ mm}$$

$$l_d = 611,73 \text{ mm} \approx 1000 \text{ mm}$$



Gambar 8. 12 Detail Shearwall

BAB IX

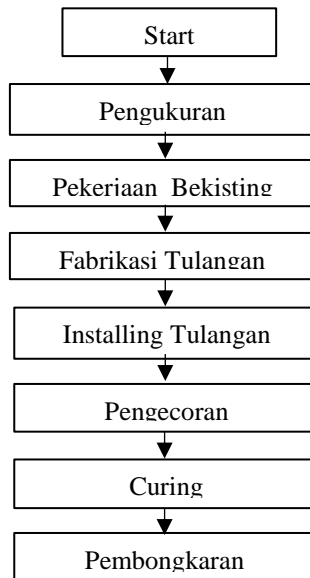
METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK DAN PLAT

9.1 Metode Pelaksanaan Pekerjaan Balok dan Pelat

9.1.1 Rencana Kerja dan Syarat-syarat (RKS)

1. Mutu beton yang dipakai untuk pelaksanaan pekerjaan balok adalah $f_c' = 35 \text{ Mpa}$
2. Keleccakan yang disyaratkan yaitu slump antara $12 \pm 2 \text{ cm}$.
3. Mutu baja yang digunakan adalah $f_y = 400 \text{ Mpa}$
4. Tebal penutup beton (*decking*) = 4 cm.
5. Tebal plywood untuk bekisting pelat dan balok = 8 mm.

9.1.2 Flowchart Pelaksanaan Pekerjaan Balok dan Pelat.



Gambar 9. 1 Flowchart metode pelaksanaan

9.1.3 Pengukuran

Pengukuran dilakukan oleh surveyor guna untuk pengukuran kerataan elevasi bekisting balok dan plat dengan menggunakan waterpass. Berikut langkah-langkahnya :

1. Mengukur tinggi elevasi waterpass dengan bantuan garis pinjaman .
2. Mengukur tinggi elevasi bekisting pelat dan balok sesuai rencana dengan menggunakan bak ukur.



Gambar 9. 2 Pengukuran elevasi bekisting.

9.1.4 Pekerjaan Bekisting

Tahapan pekerjaan pembekistingan yaitu :

1. Susun scaffolding secara berjajar sesuai dengan kebutuhan di lapangan.
2. Atur ketinggian dari U-Head Jack dan Base Jack sesuai dengan gambar kerja.
3. Pada U- Head dipasang gelagar lau balok suri-suri diatasnya dengan arah melintang. Karena posisi pelat lebih tinggi daripada balok, maka perlu ditambahkan *main frame* dengan menggunakan *Joint Pin*.

4. Kemudian pasang plywood, setelah semua siap maka dilakukan pengecekan tinggi level pada bekisting dengan menggunakan waterpass.



Gambar 9. 4 Scaffolding



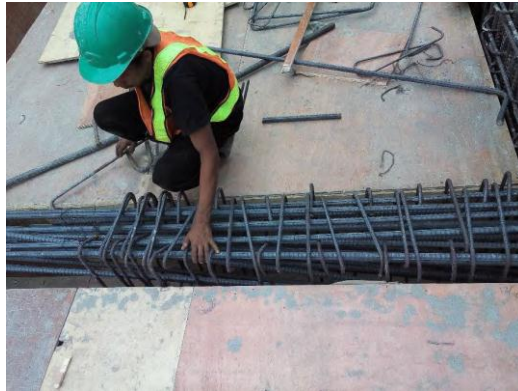
Gambar 9. 3 Bekisting Pelat dan Balok

9.1.5 Fabikasi Tulangan

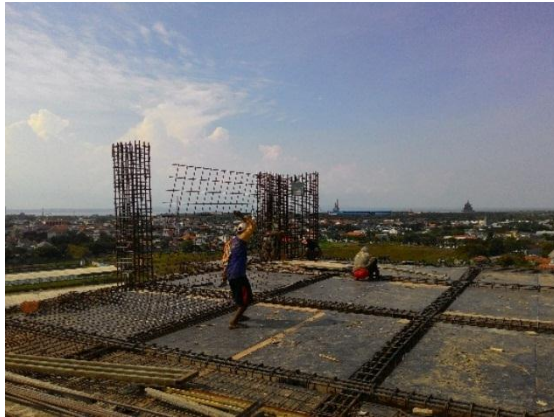
- a. Pemotongan tulangan sesuai dengan kebutuhan rencana menggunakan bar bender dan bar cutter.
- b. Perakitan tulangan balok (prefabrikasi) yang dikerjakan di los besi sesuai dengan gambar kerja sebelum dipasang. Untuk perakitan tulangan plat dilakukan di tempat bekisting pelat.

9.1.6 Installing Tulangan

- a. Tulangan balok yang telah selesai dirakit atau difabrikasi diangkut dengan menggunakan tower crane ke lokasi yang akan dipasang.
- b. Pasang beton decking dengan tebal 4 cm sebagai pelurus tebal selimut saat pengecoran. Pada saat penginstalan tulangan pelat, dipasang tulangan kaki ayam diantara tulangan atas dan tulangan bawah.



Gambar 9. 5 Installing Tulangan Balok



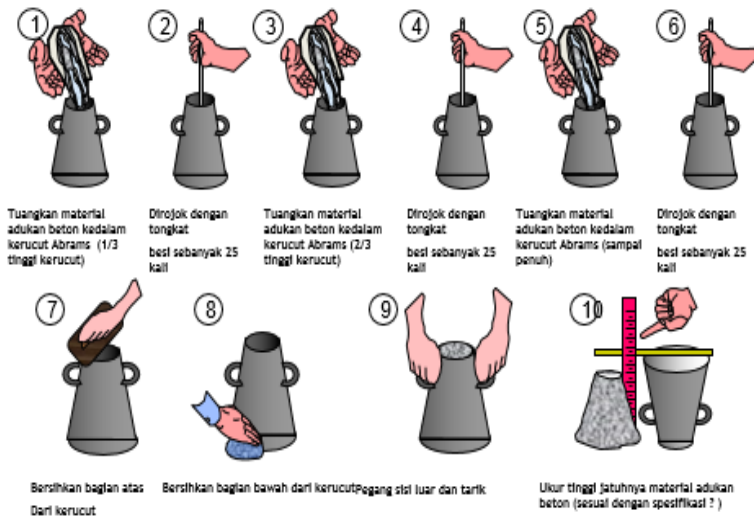
Gambar 9. 6 Installing Tulangan Pelat.

9.1.7 Pengecoran

1. Persiapan pengecoran

Sebelum dilaksanakan pengecoran, balok dan plat yang akan di cor harus benar-benar bersih dari kotoran agar tidak membahayakan konstruksi dan menghindari kerusakan beton.

2. Setelah beton ready mix datang, dilakukan slump test terlebih dahulu pada material beton yang akan digunakan untuk pengecoran. Untuk nilai slump test yang di isyaratkan antara 12 ± 2 cm.



Gambar 9. 7 Tahapan Pengujian Slump Beton

(Sumber : Metode Pelaksanaan PT. PP)

3. Setelah nilai slump memenuhi maka diambil benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Berikut langkah-langkah pengambilan benda uji silinder :



Gambar 9. 8 Benda Uji Silinder

4. Kemudian dilakukan pengecoran dengan menggunakan *Concrete Pump*. Untuk pengecoran pada plat dan balok dibagi beberapa zona. Berikut merupakan langkah-langkah pengecoran :
 - a. Beton yang ada pada mixer truck dituangkan pada *concrete pump* lalu beton di pompakan menuju lokasi pengecoran.



Gambar 9. 9 Penuangan Beton ready mix ke concrete Pump

- b. Setelah tiba dilokasi pengecoran, beton disalurkan secara manual.



Gambar 9. 10 Proses Pengecoran

- c. Selama proses pengecoran, dilakukan pemadatan dengan menggunakan vibrator untuk menghilangkan rongga-rongga udara serta untuk mencapai pemadatan maksimal.
- d. Kemudian dilakukan pemerataan elevasi muka pelat dengan menggunakan alat kayu. kemudian di cek elevasinya dengan menggunakan waterpass.

9.1.8 Curing/Perawatan beton.

Untuk pekerjaan selanjutnya yaitu dilakukan curing. Proses curing ini dilakukan dengan menggunakan air yaitu dengan membasahi beton dua kali sehari selama satu minggu.

Tujuan utama dari perawatan beton adalah :

1. Menghindari beton mengalami kehilangan kadar air yang berlebihan.
2. Menjaga suhu dan kelembaban dari beton sendiri agar tidak terjadi retak.



Gambar 9. 11 Proses Curing/perawatan Beton.

9.1.9 Pembongkaran Bekisting.

Setelah pengecoran selesai dan beton sudah mulai kering maka dilakukan pembongkaran bekisting. Pembongkaran bekisting dilakukan selang 1 minggu setelah pengecoran selesai.



Gambar 9. 12 Pembongkaran Bekisting.

9.1.10 Durasi Waktu

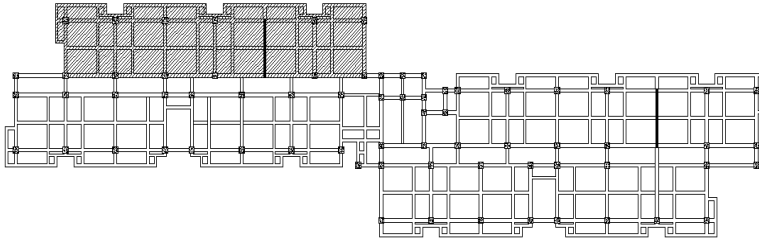
Perhitungan durasi waktu pekerjaan balok dan pelat diperoleh dari volume pekerjaan dibagi dengan produktivitas kerja.

Tabel 6. Produktivitas Masing-Masing Pekerjaan Beton Bertulang

Produktivitas	Bekisting	Tulangan	Cor
	m ² /jam	kg/jam	m ³ /jam
Kolom	94.53	295.15	8.05
Balok	5.58	155.96	17.87
Plat	6.90	69.80	

Gambar 9. 13 Tabel Produktivitas Pekerjaan Balok dan Pelat
(Sumber : Jurnal "Evaluasi Produktivitas Struktur Kolom, Balok, dan Plat Di Proyek Tunjungan Plaza 6)

Untuk perhitungan volume pekerjaan balok dan pelat pada gedung ini dibagi menjadi beberapa zona. Namun, dalam perhitungan pekerjaan disini hanya menghitung 1 zona saja. Berikut merupakan denah zona yang akan dihitung :



Gambar 9. 14 Denah Zona Pekerjaan Balok dan Pelat

Pada pembangunan Gedung Holland Park Condotel Batu-Malang ini, volume yang dibutuhkan pada setiap pekerjaan untuk 1 zona pekerjaan balok dan pelat adalah sebagai berikut :

Kebutuhan volume tulangan:

Tabel 9. 1 Kebutuhan Volume Tulangan Balok

Tipe	Diameter	Berat/kg/m	L (m)	n Balok	n Tul	W total (kg)
BA	16	1.577	5.5	16	7	971.64
Begel BA	10	0.616	1.5	16	39	571.78
Torsi BA	10	0.616	5.5	16	4	216.88
BI.1	22	2.982	5.6	12	8	1603.20
Begel BI.1	13	1.041	2	12	46	1149.58
Torsi BI.1	13	1.041	6	12	4	279.90
BI.2	22	2.982	5.5	6	8	787.29
Begel BI.2	13	1.041	2	6	41	516.48
Torsi BI.2	13	1.041	5.5	6	4	137.45
Total						6234.19

Tabel 9. 2 Kebutuhan Volume Tulangan Pelat

Tipe	Diameter	Berat/kg/m	Bentang		n Pelat	n Tulangan		W total (kg)
			Arah y (m)	Arah x (m)		Arah y	Arah x	
P1	10	0.616	3.65	2.75	12	18	14	515.81
P2	10	0.616	1.95	2.75	12	10	14	163.87
P14	10	0.616	2.15	1	6	11	5	88.52
P32	10	0.616	1.5	1	1	8	5	10.01
P33	10	0.616	3.65	1.5	1	18	8	47.97
Total								826.20

Durasi Penulangan Balok dan Pelat :

$$1. \text{ Balok} = \frac{6234,19}{155,96} = 39,97 \text{ jam}$$

$$2. \text{ Pelat} = \frac{826,20}{69,80} = 11,84 \text{ jam}$$

Kebutuhan volume bekisting :

Tabel 9. 3 Kebutuhan Volume Bekisting Balok

Kode	Dimensi			Jumlah	Volume (m2)
	b	h	l		
BA	0.3	0.33	5.5	16	5.28
BI.1	0.35	0.53	5.6	12	7.896
BI.2	0.35	0.53	5.5	6	7.755
Total					20.931

Tabel 9. 4 Kebutuhan Volume Bekisting Pelat.

Kode	Dimensi		Jumlah	Volume (m2)
	p	l		
P1	3.65	2.75	12	120.45
P2	1.95	2.75	12	64.35
P14	2.15	1	6	12.9
P32	1.5	1	1	1.5
P33	3.65	1.5	1	5.475
Total				204.675

Durasi Pembekistingan Balok dan Pelat :

1. Balok = $\frac{20,931}{5,58} = 3,75 \text{ jam}$
2. Pelat = $\frac{204,675}{6,9} = 29,66 \text{ jam}$

Kebutuhan volume beton f_c' 35 Mpa :

Tabel 9. 5 Kebutuhan Volume Beton untuk Balok

Kode	Dimensi			Jumlah	Volume (m3)
	b	h	l		
BA	0.3	0.33	5.5	16	8.712
BI.1	0.35	0.53	5.6	12	12.4656
BI.2	0.35	0.53	5.5	6	6.1215
Total					27.2991

Tabel 9. 6 Kebutuhan Volume Beton untuk Pelat

Kode	Dimensi			Jumlah	Volume (m3)
	p	l	h		
P1	3.65	2.75	0.12	12	14.454
P2	1.95	2.75	0.12	12	7.722
P14	2.15	1	0.12	6	1.548
P32	1.5	1	0.12	1	0.18
P33	3.65	1.5	0.12	1	0.657
Total					24.561

Durasi Pengecoran Balok dan Pelat :

$$1. \text{ Balok+Pelat} = \frac{27,2991 + 24,561}{17,87} = 3 \text{ jam}$$

Untuk durasi waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan 1 zona pekerjaan balok dan pelat adalah sebagai berikut :

Tabel 9. 7 Durasi Waktu untuk 1 Zona Pekerjaan Balok dan Pelat

Item Pekerjaan	Durasi waktu	Satuan
Pengukuran	15	menit
Pekerjaan Bekisting Balok	3.75	jam
Pekerjaan Bekisting Pelat	29.66	jam
Fabrikasi Tulangan Balok	39.97	jam
Fabrikasi Tulangan Pelat	11.84	jam
Installing Tulangan Balok	5	jam
Installing Tulangan Pelat	5	jam
Pengecoran	3	jam
Pembongkaran	5	jam
Total waktu	103.47	jam
	4.31	Hari

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB X PENUTUP

10.1 Kesimpulan

Berdasarkan Hasil Analisis Dan Perhitungan Yang Telah Dilakukan dalam penyusunan Proyek Akhir Terapan Dengan Judul “Desain Struktur Gedung Holand Park Condotel Batu- Malang Dengan Menggunakan Metode *Dual System* Dan Metode Pelaksanaan Pekerjaan Balok Dan Plat”, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan data tanah, gedung memiliki KDS D dan kontrol periode fundamental gedung tidak memenuhi ketika Open Frame sehingga didesain dengan menggunakan metode *Dual System*.
2. Dari perhitungan struktur gedung menggunakan *Dual System*, diperoleh hasil berikut :

a. Plat Tangga dan Bordes

Tabel 10. 2 Rekapitulasi Plat Tangga

Tipe	Tanjakan	Injakan	α	Tebal	Penulangan	
					Tul. Arah X	Tul. Arah y
	cm	cm	°	cm	mm	mm
1	17	30	29.54	15	D13 - 100	D13 - 150
2	18	30	30.96	15	D13 - 100	D13 - 150
3	17	30	29.54	15	D13 - 100	D13 - 150
4	18	28	32.74	15	D13 - 100	D13 - 150

Tabel 10. 1 Rekapitulasi Plat Bordes

Tipe	Ly	Lx	Tebal	Penulangan	
				Tul. Arah X	Tul. Arah y
	m	m	cm	mm	mm
1	3	1.25	15	D13 - 150	D13 - 150
2	1.95	1.25	15	D13 - 150	D13 - 150
3	1.95	1	15	D13 - 150	D13 - 150

b. Kolom

Tabel 10. 3 Rekapitulasi Tulangan Kolom

Lantai	Tipe		
LT.1 s/d 4	K1	Tul. Utama	16D25
		Tul. Sengkang (lo)	4D13-100
		Tul. Sengkang (luar lo)	4D13-150
LT.5 s/d 9	K2	Tul. Utama	12D25
		Tul. Sengkang (lo)	4D13-100
		Tul. Sengkang (luar lo)	4D13-150

c. Plat

Tabel 10. 4 Rekapitulasi Tul. Plat

Tipe	Ly	Lx	Ly/Lx	Arah	Kesimpulan				
					Tump X	Tump Y	Lap X	Lap Y	Susut
					mm	mm	mm	mm	mm
1	3.65	2.75	1.33	Dua Arah	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	-
2	2.75	1.95	1.41	Dua Arah	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	-
3	5.65	1.95	2.90	Satu Arah	D10 - 200	-	D10 - 200	-	D10 - 200
4	3	1.95	1.54	Dua Arah	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	-
5	4.5	1.95	2.31	Satu Arah	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	-
6	3.3	2.7	1.22	Dua Arah	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	-
7	3.3	1.8	1.83	Dua Arah	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	-
8	4.8	2.4	2.00	Satu Arah	D10 - 200	-	D10 - 200	-	D10 - 200
9	3.8	3.3	1.15	Dua Arah	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	-
10	2.6	2.5	1.04	Dua Arah	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	-
11	2.7	1.2	2.25	Satu Arah	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	-
12	1.8	1.2	1.50	Dua Arah	D10 - 200	-	D10 - 200	-	D10 - 200
13	2.2	1.4	1.57	Dua Arah	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	-
14	3.65	1.5	2.43	Satu Arah	D10 - 200	-	D10 - 200	-	D10 - 200
15	3	1.25	2.40	Satu Arah	D10 - 200	-	D10 - 200	-	D10 - 200
16	2.15	1	2.15	Satu Arah	D10 - 200	-	D10 - 200	-	D10 - 200
17	3.65	3.65	1.00	Dua Arah	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	-
18	3.65	1.95	1.87	Dua Arah	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	-
19	3.65	1.85	1.97	Dua Arah	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	-
20	1.95	1.85	1.05	Dua Arah	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	-
21	5.6	1.5	3.73	Satu Arah	D10 - 200	-	D10 - 200	-	D10 - 200

Tabel 10. 5 Rekapitulasi Tul. Plat

Tipe	Ly	Lx	Ly/Lx	Arah	Kesimpulan				
					Tump X	Tump Y	Lap X	Lap Y	Susut
	m	m			mm	mm	mm	mm	mm
22	4	1.95	2.05	Satu Arah	D10 - 200	-	D10 - 200	-	D10 - 200
23	1.95	1.6	1.22	Dua Arah	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	-
24	5.5	2.8	1.96	Dua Arah	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	-
25	1.95	1.85	1.05	Dua Arah	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	-
26	4.5	2.6	1.73	Dua Arah	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	-
27	4.5	1.9	2.37	Satu Arah	D10 - 200	-	D10 - 200	-	D10 - 200
28	2.5	1.9	1.32	Dua Arah	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	-
29	2.6	2.5	1.04	Dua Arah	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	-
30	5.5	3	1.83	Dua Arah	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	-
31	3	1.5	2.00	Satu Arah	D10 - 200	-	D10 - 200	-	D10 - 200
32	2.15	1	2.15	Satu Arah	D10 - 200	-	D10 - 200	-	D10 - 200
33	1.5	1	1.5	Dua Arah	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	-
34	4	1.95	2.05	Satu Arah	D10 - 200	-	D10 - 200	-	D10 - 200

d. Balok

Tabel 10. 6 Rekapitulasi Tulangan Balok

Tipe	Bentang Dimensi		Tul. Torsi	Tul. Lentur				Tul. Geser	
				Tumpuan		Lapangan		Tumpuan	Lapangan
	cm			Tarik	Tekan	Tarik	Tekan		
Bl. 1	560	35/65	2D13	5D22	3D22	3D22	2D22	2D13-100	2D13-120
Bl. 2	550	35/65	2D13	4D22	3D22	3D22	2D22	2D13-100	2D13-150
Bl. 3	745	35/65	2D10	5D22	3D22	3D22	2D22	2D13-100	2D13-200
S.1	560	35/65	2D10	4D22	3D22	3D22	2D22	2D10-100	2D10-200
S.2	550	35/65	2D10	4D22	3D22	3D22	2D22	2D10-100	2D10-200
B. LIFT	220	30/45	-	2D19	2D19	2D19	2D19	2D12-100	2D12-100
B.ANAK	450	30/45	2D10	4D16	3D16	3D16	2D16	2D13-150	2D13-150

e. Shearwall

Tabel 10. 7 Rekapitulasi Shearwall

Tipe	Dimensi	Tul. Long	Tul. Trans	Tul. Conf	Crosssties
	mm				
SW1	300 x 5500	2D19-200	2D19-200	2D13-100	6D13
SW2	300 x 5500	2D19-150	2D19-150	2D13-100	6D13

3. Dari perhitungan durasi waktu untuk metode pelaksanaan pekerjaan balok dan plat untuk 1 zona dengan volume balok sebesar $27,2991 \text{ m}^3$ dan pelat sebesar $24,561 \text{ m}^3$ mulai dari pengerjaan pengukuran sampai pembongkaran bekisting adalah 4,31 hari.

10.2 Saran

Adapun saran yang diperoleh dari penyusunan Tugas Akhir Terapan adalah sebagai berikut :

1. Untuk perencanaan struktur suatu bangunan lebih dipersiapkan data-data yang lebih lengkap seperti gambar denah arsitek dan data struktur dari proyek. Bila perlu, survei ketempat proyek yang hendak dijadikan Tugas Akhir.
2. Lebih dipahami peraturan-peraturan yang digunakan dalam perencanaan struktur.
3. Baca dan pahami buku referensi penunjang dalam penyelesaian Tugas Akhir.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 2013. SNI 03-1727-2013 *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Jakarta : BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. SNI 03-1726-2012 *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-gedung*. Jakarta : BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. SNI 03-2847-2013 *Persyaratan Beton Struktur untuk Bangunan Gedung*. Jakarta : BSN.
- Imran, Iswandi dan Fajar Hendrik. 2009. *Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa*. Bandung : Penerbit ITB.
- Departemen Pekerjaan Umum 1971. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia* (PBBI). Bandung : Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pekerjaan Umum.
- Wang, Chu-Kia, dan Charles G. Salmon. (1989). *Disaji Beton Bertulang Jilid 1*. Jakarta : Erlangga.
- Wang, Chu-Kia, dan Charles G. Salmon. (1999). *Disaji Beton Bertulang Jilid 2*. Jakarta : Erlangga.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

Spesifikasi bahan :

1. Plester dan Acian



DINDING

◆ Plester D200

- Dipergunakan untuk pekerjaan plester dan pasangan bata ketebalan aplikasi 8-10 mm
- Memiliki daya rekat dan workability yang baik.
- Daya sebar/ak ± 2-2.5 m²/10mm



40kg

Acian dinding dan plester

◆ Acian S100

- Warna abu-abu muda
- Cocok untuk expose interior
- Dapat mengurangi terjadinya retak rambut
- Daya sebar/ak ± 10-12 m²/2mm



30kg

◆ Acian NP S450

- Warna cilem
- Cat lebih hemat
- Dapat mengurangi terjadinya retak rambut
- Daya sebar/ak ± 10-12 m²/2mm
- 5-7 hari bisa langsung di cat



30kg

Acian dinding plester dan beton

◆ SKIMCOAT S200

- Daya rekat tinggi untuk beton dengan permukaan licin
- Mengurangi retak
- Daya sebar/ak 9-12 m²/30 kg



30kg

◆ SKIMKOT PUTIH S500

- Acian putih untuk ekspos dak beton (bagian dalam)
- Mengurangi retak
- Tanpa plamir dan cat dasar
- Menghemat cat
- Daya sebar/ak 9-11 m²/20 kg



20kg

◆ Thinbed 101 TB101

- Perekat bata ringan dengan ketebalan spesi antara 2 - 3 mm
- Memiliki daya rekat yang baik
- Daya sebar/ak ± 10-11 m²/3mm (40 kg) (ukuran blok 20x20x10 cm)
- Cepat dalam pengerjaannya



40kg

◆ Plester Ringan 1.6 S150

Plester aci bata ringan dalam 1 aplikasi

- Plester aci bata ringan (one coat system) dengan ketebalan spesi antara 5 - 8 mm
- Plester lebih ringan
- Daya sebar/ak ± 4.5-6.5 m²/5-8mm (50 kg) (ukuran blok 20x20x10 cm)
- Lebih cepat dan hemat dalam pekerjaan



50kg



Produk lainnya

◆ Concrete Fill R200

Memperbaiki retak & celah beton

- Bahan perekat/bonding dinding plester antara permukaan beton
- Sebagai bahan pengisi keropos pada beton, celah pada panel, dll.
- Tebal aplikasi 3-15 mm



25kg
40kg

◆ Beton

Beton instan siap pakai

- Tersedia K 175, K 225, K 300



50kg

◆ Bonding Agent L007


Bonding untuk beton dan mortar



1L

www.drymix.co.id

2. Dinding



CITICON
BATA RINGAN

Spesifikasi Teknis Bata Ringan Citicon

Panjang, L (mm) : 600
 Tinggi, H (mm) : 200 ; 400
 Tebal, T (mm) : 75 ; 100 ; 125 ; 150 ; 175 ; 200

Berat jenis kering, (ρ) : 530 kg/m³
 Berat jenis normal, (ρ) : 600 kg/m³
 Kuat tekan, (σ) : ≥ 4.0 N/m²
 Konduktivitas termis, (λ) : 0.14 w/mk

Tebal	mm	75	100	125	150	175	200
Luas Dinding / m ²	m ²	13.33	10.00	8.00	6.67	5.71	5.00
Isi / m ³	Blok	111.11	83.33	66.67	55.56	47.62	41.67

Citicon Light Concrete Technical Specifications

Length, L (mm) : 600
 Height, H (mm) : 200 ; 400
 Thick, T (mm) : 75 ; 100 ; 125 ; 150 ; 175 ; 200

Dry Density, (ρ) : 530 kg/m³
 Field Density, (ρ) : 600 kg/m³
 Compressive Strength, (σ) : ≥ 4.0 N/m²
 Thermal Conductivity, (λ) : 0.14 w/mk

Thick	mm	75	100	125	150	175	200
Wall Area / m ²	m ²	13.33	10.00	8.00	6.67	5.71	5.00
Contents / m ³	Block	111.11	83.33	66.67	55.56	47.62	41.67

[illegible]

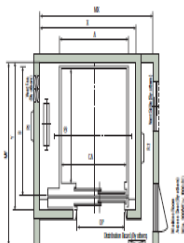
Capacity			Opening				Car Size				Holestory				Machine Room								Rated Speed	
Person	Lg	Width	Lg	Width	Height	Length	1 Car		2 Cars		Length	PK	Dist	Over Head	1 Car		2 Cars		Length	Height	Feasibility	R1	R2	F/min
							CB	CB	CB	CB					Wdth	Wdth	Wdth	Wdth						
4	300	700	2000	1100	2000	830	1730	3700	3300	1400	1600	4600	2000	2000	3700	3300	3000	2200	2200	3450	1750			
6	450	800	2100	1200	2100	930	1830	3800	3400	1450	1600	4600	2000	2000	3800	3400	3200	2200	2200	3550	1800	300		
8	590	800	2200	1300	2100	1030	1900	4000	3600	1500	1600	4600	2000	2000	4000	3600	3400	2200	2200	4050	2350			
10	680	800	2300	1400	2100	1130	2000	4200	3800	1550	1750	1700	4600	2000	2000	4200	3800	3500	2300	4100	2450	450		
16	880	800	2400	1500	2250	1250	1900	4400	4000	1600	1900	1700	4600	2000	2000	4400	4000	3700	2300	4250	2550	60		
11	730	800	2300	1600	2300	1350	1900	4000	3600	1950	1700	1700	4600	2000	2000	4000	3600	3750	2300	4350	2600			
13	900	900	2300	1600	2300	1300	2100	4200	3550	1950	1700	1700	4600	2300	3200	4350	3750	2300	2300	4500	2700			
15	1000	900	2300	1600	2500	1500	2100	4200	3550	2150	1800	1700	4600	2300	3200	4350	3850	2300	2300	5450	3000		90	
17	1150	1000	2300	1600	2500	1500	2350	4800	7350	2300	1800	1700	4600	2800	4800	7250	3800	2300	2300	6800	3500			
20	1350	1100	2300	1600	2500	1500	2550	5200	7850	2300	1800	1700	4600	3000	5200	7850	4000	2300	2300	7800	4000		105	
24	1600	1100	2100	2150	1600	2200	2700	5500	8300	2300	1800	1700	4600	3000	5500	8300	3200	2200	2300	8500	4800			

4. Lift Barang

FREIGHT ELEVATORS

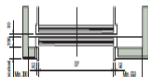
General Type (2S, 2U, 3U)

Plan of Holstway & Machine Room



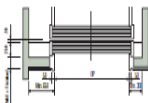
2-PANEL SLIDE-OPENING DOORS (2S)

Note: Temperature should be maintained below 40°C with ventilation for and / or air conditioner if necessary and humidity below 75%.



2-PANEL UP-SLIDING DOORS (2U)

Minimum floor height: Opening height $\times 1/2 + 750\text{mm}$
Minimum entrance height: 2100mm

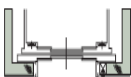
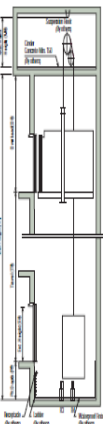


3-PANEL UP-SLIDING DOORS (3U)

Minimum floor height: Opening height $\times 1/3 + 750\text{mm}$
Minimum entrance height: 2100mm

Note: Consult supplier if the dimensions are less than the minimum.

Section of Holstway



4-PANEL CENTER OPENING DOORS (4CO)

Standard Dimensions & Reactions

(Unit: mm)

Model	Speed (m/min)	Door Opening Type	Entrance		Car		Holstway Depth (H)	M/C Room (M) x (M)		M/C Room Reaction (kg)		Buffer Reaction (kg)	
			Width (W) x Height (H)	Entrance Type	Internal CA x CB	External A x B		Z x Y	R1	R2	R3	R4	
P1750-2S	30	2S	1100 x 2100	Double Difference	1700 x 1475	1800 x 1871	2500 x 2100		4000	2800 x 1200	4200	4100	3000
	45												
P1800-2S	30	2S	1400 x 2100	Double Difference	1850 x 1850	1950 x 2276	2700 x 2400	4800	3200 x 2500	8500	9700	7100	4100
	45												
P1850-2S	30	2S	1700 x 2100	Double Difference	2100 x 2350	2200 x 2728	3000 x 2620	4800	3400 x 2600	10800	7100	9000	7500
	45												
P2200-2S	30	2S	1700 x 2100	Double Difference	2300 x 2750	2400 x 2748	3300 x 3200	4800	3800 x 3200	13300	8800	71400	1420
	45												
P2200-2U	30	2U	2200 x 2100	Double Difference	2400 x 2940	2500 x 3200	3200	4800	3800 x 3200	13300	8800	71400	1420
	45												
P2500-2S	30	2S	1800 x 2100	Double Difference	2500 x 3000	2600 x 3200	3300	4800	4000 x 3400	15100	10500	12300	10700
	45												
P2500-2U	30	2U	2500 x 2100	Double Difference	2600 x 3100	2700 x 3300	3400	4800	4000 x 3400	15100	10500	12300	10700
	45												
P3000-2U	30	2U	2700 x 2300	Double Difference	2700 x 3300	2800 x 3476	3700 x 3900	5000	4200 x 3800	15200	12100	10500	10500
	45												
P3500-2U	30	2U	2800 x 2300	Double Difference	3000 x 3500	3000 x 3940	4000 x 4400	5000	4300 x 3900	15200	14500	19000	19000
	45												
P4200-2U	25	2U	3000 x 2500	Double Difference	3200 x 4000	3300 x 4796	4700 x 5200	5000	4500 x 3900	22500	21700	28700	23700
	45												
P5000-2U	25	2U	3200 x 2500	Double Difference	3300 x 4000	3400 x 5200	4700 x 5200	5000	4700 x 4400	24000	23000	31700	24700
	45												

Note: 1. Please consult supplier when the loading capacity is over 300kg for the car is non-standard size.
2. The loading capacity should be over 200kg for normally.
3. The actual reaction may slightly differ from above dimension if the wall reaction beam position.

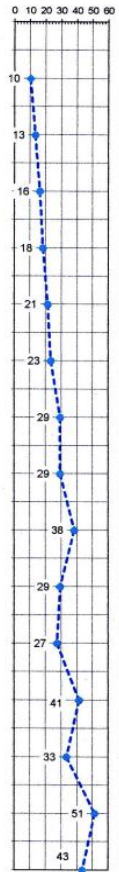
(Unit: mm)

Speed (m/min)	PL (PP)	M/C Room Height (mm)
30 < 45	1200	2400
45	1500	2400

Note: 1. Above is minimum value.
2. Refer to standard dimensions & reactions for normal height.

DATA TANAH

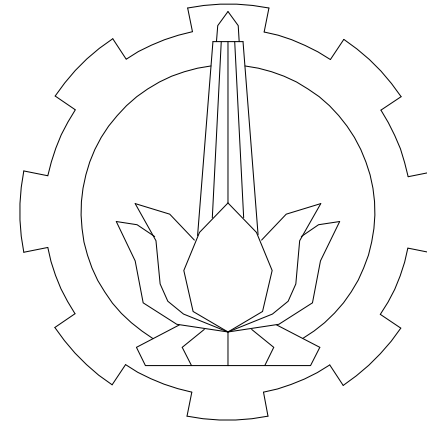
DRILLING LOG												
Project No. : 1			Project : Malang - Jawa Timur			Type of Drilling : Rotary						
Bore Hole No. : BM V			Lokasi : Sta 4+650 Left			Date : 05 Juni 2013						
Water Table : 0.0 m			Elevation : $\pm 0,0$ (muka tanah setempat)			Driller : Dasuki						
Scale in m	Elevation	Depth in m	Thickness in m	Legend	Description & Colour	Relative Density or Consistency	UD / SPT		Standard Penetration Test			
							Depth in m	Sample Code	N-Value Blows/30 cm	Blows per each 15 cm		
										15 cm	15 cm	15 cm
0	0.00											
1												
2							2.0					
3							2.5	SPT-1	10	3	4	6
4							4.0					
5							4.5	SPT-2	13	3	5	8
6							6.0					
7							6.5	SPT-3	16	6	7	9
8							8.0					
9							8.5	SPT-4	18	7	8	10
10							10.0					
11							10.5	SPT-5	21	8	8	13
12							12.0					
13		-13.00	13.00		Lempung Berlanau Abu-abu	Very Soft s/d Stiff	12.5	SPT-6	23	7	11	12
14							14.0					
15							14.5	SPT-7	29	8	13	16
16							16.0					
17							16.5	SPT-8	29	8	11	18
18							18.0					
19		-19.00	6.00		Lempung Berlanau Coklat	Very Stiff s/d Hard	18.5	SPT-9	38	11	17	21
20							20.0					
21							20.5	SPT-10	29	7	14	15
22							22.0					
23							22.5	SPT-11	27	6	12	15
24							24.0					
25							24.5	SPT-12	41	8	19	22
26		-26.00	7.00		Lanau Pasir Berlempung Coklat	Medium s/d Dense	26.0					
27							26.5	SPT-13	33	9	13	20
28							28.0					
29		-29.00	3.00		Lempung Berpasir Berkenkil	Hard	28.5	SPT-14	51	14	21	30
30		-30.00	1.00		Lempung Berlanau Berpasir	Hard	30.0					
							30.5	SPT-15	43	13	16	27



BIODATA PENULIS



Penulis bernama Eddo Bagus Ardiansyah, lahir pada tanggal 09 Agustus 1995. Penulis lahir dan dibesarkan di Jember dan merupakan anak ke dua dari empat bersaudara. Penulis merupakan lulusan dari SDN Kencong 03, SMPN 01 Kencong, dan SMAN 01 Lumajang. Penulis pernah ikut dalam pengurusan JMAA dan pernah ikut dalam kegiatan besar kampus seperti D'Village. Dalam mengisi waktu luang penulis lebih suka membaca komik.



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

GAMBAR PERENCANAAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOLLAND PARK CONDOTEL BATU-MALANG DENGAN MENGGUNAKAN METODE DUAL SYSTEM DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK DAN PLAT

DISUSUN OLEH :

MAHASISWA :

EDDO BAGUS ARDIANSYAH
NRP : 3113041016

DOSEN PEMBIMBING I :

Ir. Boedi Wibowo, CES.
NIP. 19530424 198203 1 002

DOSEN PEMBIMBING II :

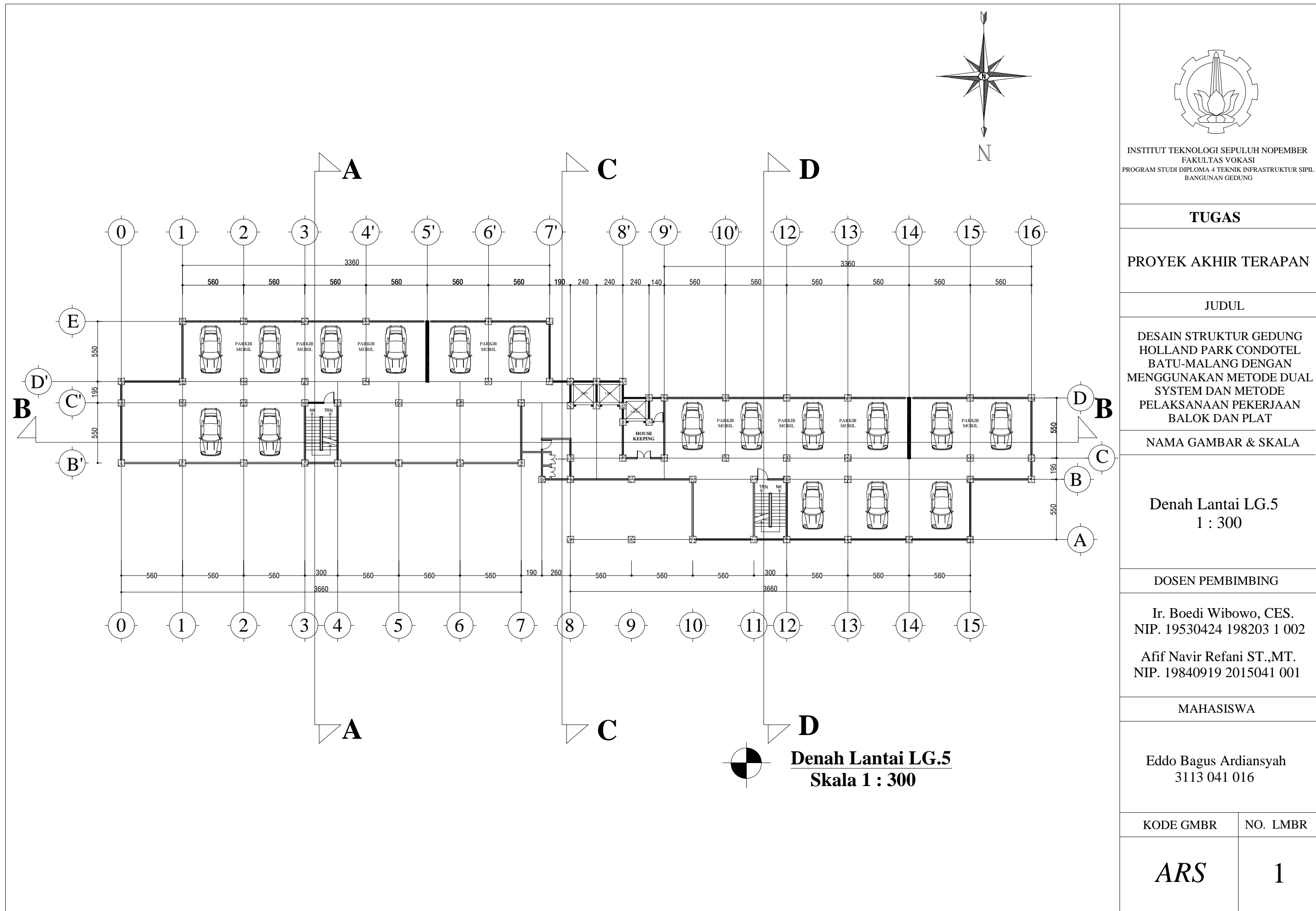
Afif Navir Refani ST., MT.
NIP. 19840919 2015041 001

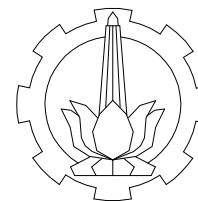
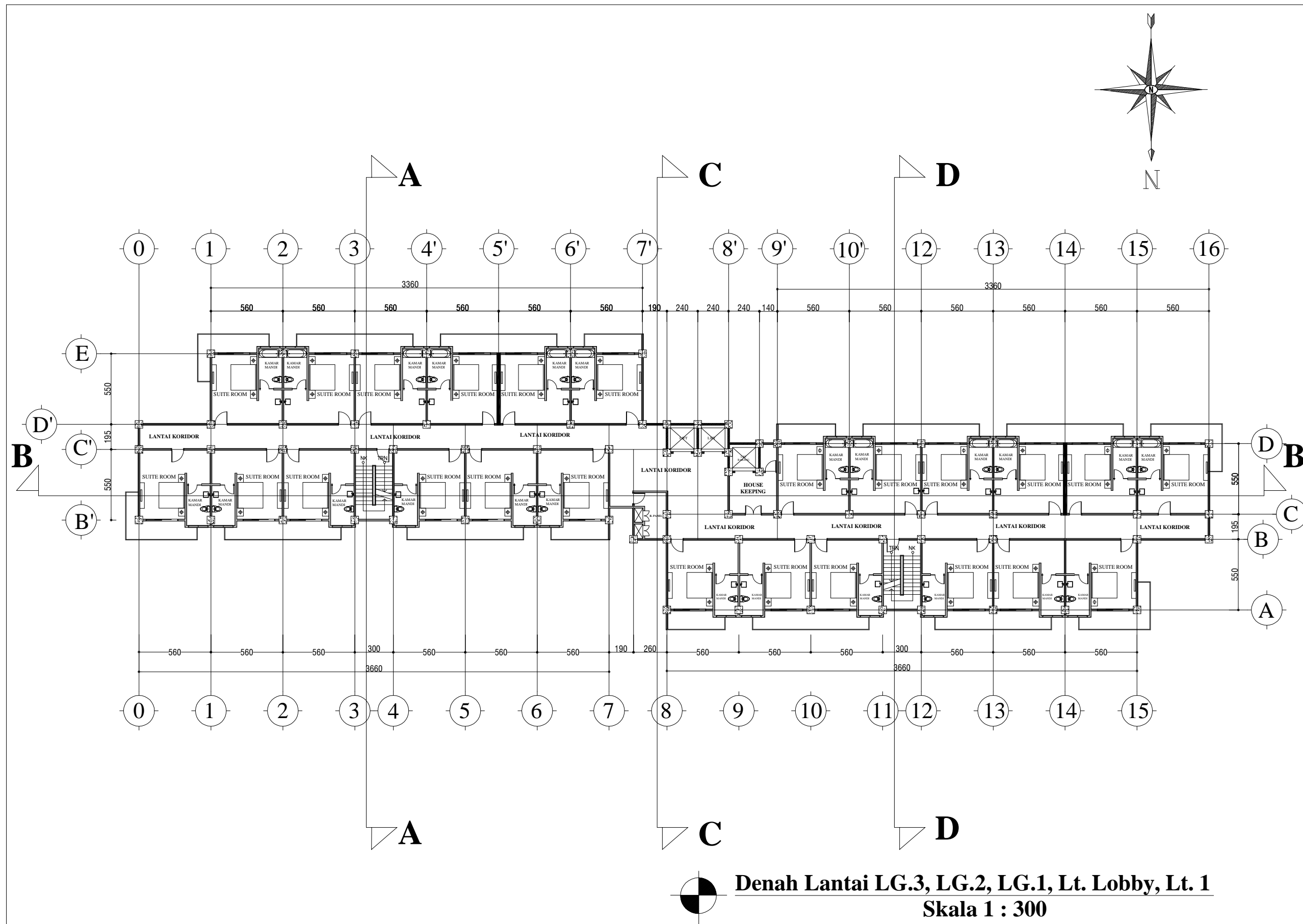
DAFTAR GAMBAR

JUDUL GAMBAR	SKALA	KODE	NO	JUDUL GAMBAR	SKALA	KODE	NO
DENAH LANTAI LG.5	1 : 300	ARS	1	DENAH PLAT LANTAI 2	1 : 300	STR	19
DENAH LANTAI LG.3, LG.2, LG.1, LOBBY, 1	1 : 300	ARS	2	DENAH PLAT LANTAI 3 DAN MEZANIN	1 : 300	STR	20
DENAH LANTAI 2	1 : 300	ARS	3	DENAH PLAT LANTAI MEZANIN	1 : 300	STR	21
DENAH LANTAI 3, MEZANIN	1 : 300	ARS	4	DENAH PLAT LANTAI ATAP	1 : 300	STR	22
DENAH MEZANIN	1 : 300	ARS	5	DETAIL PENULANGAN PLAT LANTAI AS (1-2') (E-E')	1 : 40	STR	23
DENAH LANTAI ATAP	1 : 300	ARS	6	DETAIL PENULANGAN PLAT LANTAI AS (E-D') (7-8)	1 : 50	STR	24
DENAH TAMPAK TIMUR, BARAT	1 : 200	ARS	7	DETAIL PENULANGAN BALOK LIFT	1 : 20	STR	25
DENAH TAMPAK UTARA	1 : 300	ARS	8	DETAIL PENULANGAN BALOK ANAK AS C' (7-8)	1 : 50	STR	26
DENAH TAMPAK SELATAN	1 : 300	ARS	9	DENAH TANGGA TYPE 1, TANGGA TYPE 2	1 : 50	STR	27
DENAH POTONGAN D-D, A-A, C-C	1 : 300	ARS	10	DENAH TANGGA TYPE 3, TANGGA TYPE 4	1 : 50	STR	28
DENAH POTONGAN B-B	1 : 300	ARS	11	DENAH TUL. TANGGA TYPE 1, TANGGA TYPE 2	1 : 50	STR	29
DENAH SLOOF LG.5	1 : 300	STR	12	DENAH TUL. TANGGA TYPE 3, TANGGA TYPE 4	1 : 50	STR	30
DENAH PEMBALOKAN LT.LG.3, LG.2, LG.1, LOBBY, LT.1	1 : 300	STR	13	DETAIL TANGGA TYPE 1, BALOK BORDES	-	STR	31
DENAH PEMBALOKAN LT.2	1 : 300	STR	14	DETAIL TANGGA TYPE 2, BALOK BORDES	-	STR	32
DENAH PEMBALOKAN LT.3 DAN MEZANIN	1 : 300	STR	15	DETAIL TANGGA TYPE 3, BALOK BORDES	-	STR	33
DENAH PEMBALOKAN LT. MEZANIN	1 : 300	STR	16	DETAIL TANGGA TYPE 4, BALOK BORDES	-	STR	34
DENAH PEMBALOKAN LT. ATAP	1 : 300	STR	17	DETAIL PENULANGAN BALOK AS D' (5'-6')	1 : 25	STR	35

DAFTAR GAMBAR

[illegible]





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

TUGAS

PROYEK AKHIR TERAPAN

JUDUL

DESAIN STRUKTUR GEDUNG
HOLLAND PARK CONDOTEL
BATU-MALANG DENGAN
MENGUNAKAN METODE DUAL
SYSTEM DAN METODE
PELAKSANAAN PEKERJAAN
BALOK DAN PLAT

NAMA GAMBAR & SKALA

- Denah Lantai LG.3
- Denah Lantai LG.2
- Denah Lantai LG.1
- Denah Lantai Lobby
- Denah Lantai 1

1 : 300

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Boedi Wibowo, CES.
NIP. 19530424 198203 1 002

Afif Navir Refani ST.,MT.
NIP. 19840919 2015041 001

MAHASISWA

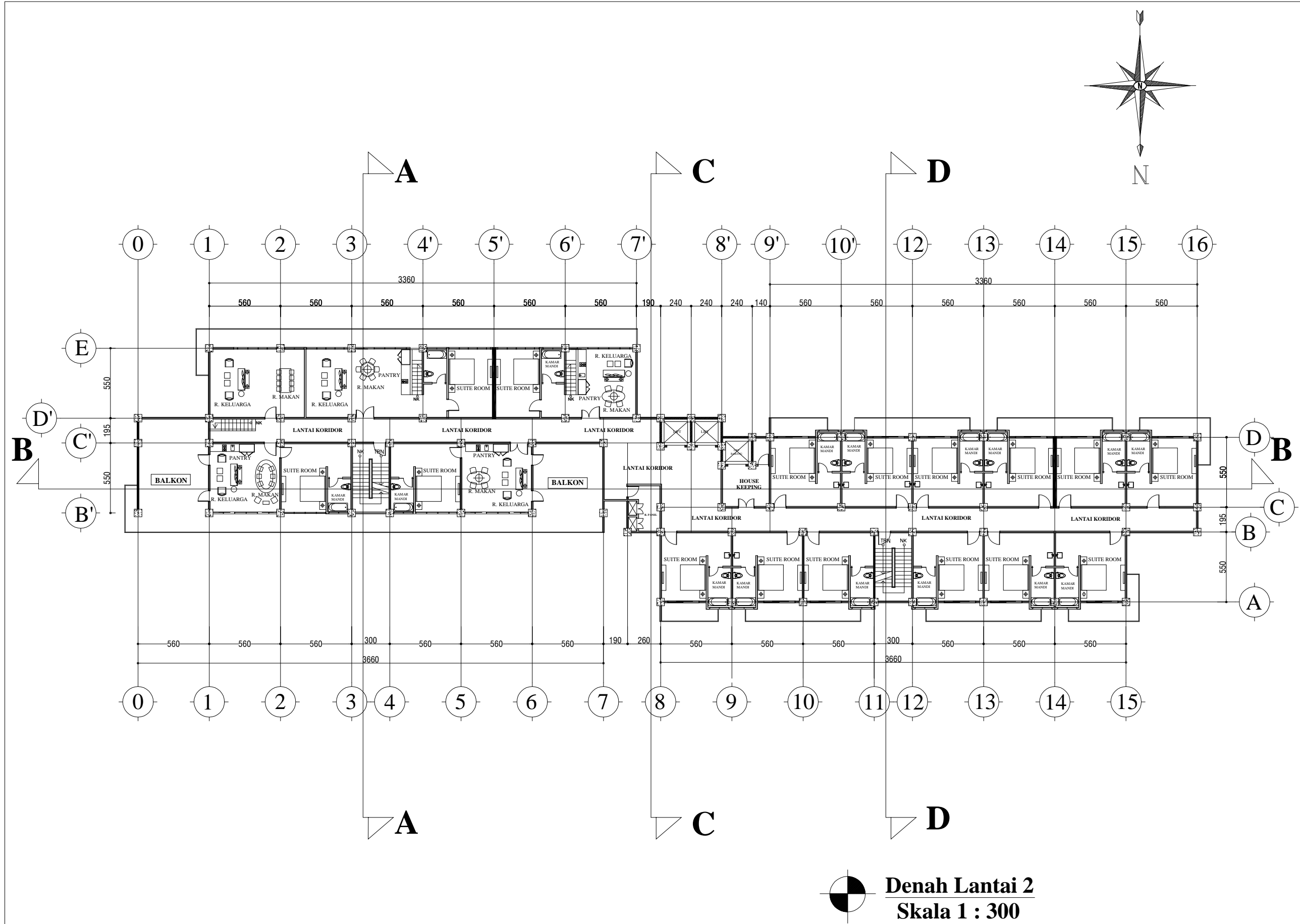
Eddo Bagus Ardiansyah
3113 041 016

KODE GMBR

NO. LMBR

ARS

2



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

TUGAS

PROYEK AKHIR TERAPAN

JUDUL

DESAIN STRUKTUR GEDUNG
HOLLAND PARK CONDOTEL
BATU-MALANG DENGAN
MENGUNAKAN METODE DUAL
SYSTEM DAN METODE
PELAKSANAAN PEKERJAAN
BALOK DAN PLAT

NAMA GAMBAR & SKALA

Denah Lantai 2
1 : 300

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Boedi Wibowo, CES.
NIP. 19530424 198203 1 002

Afif Navir Refani ST.,MT.
NIP. 19840919 2015041 001

MAHASISWA

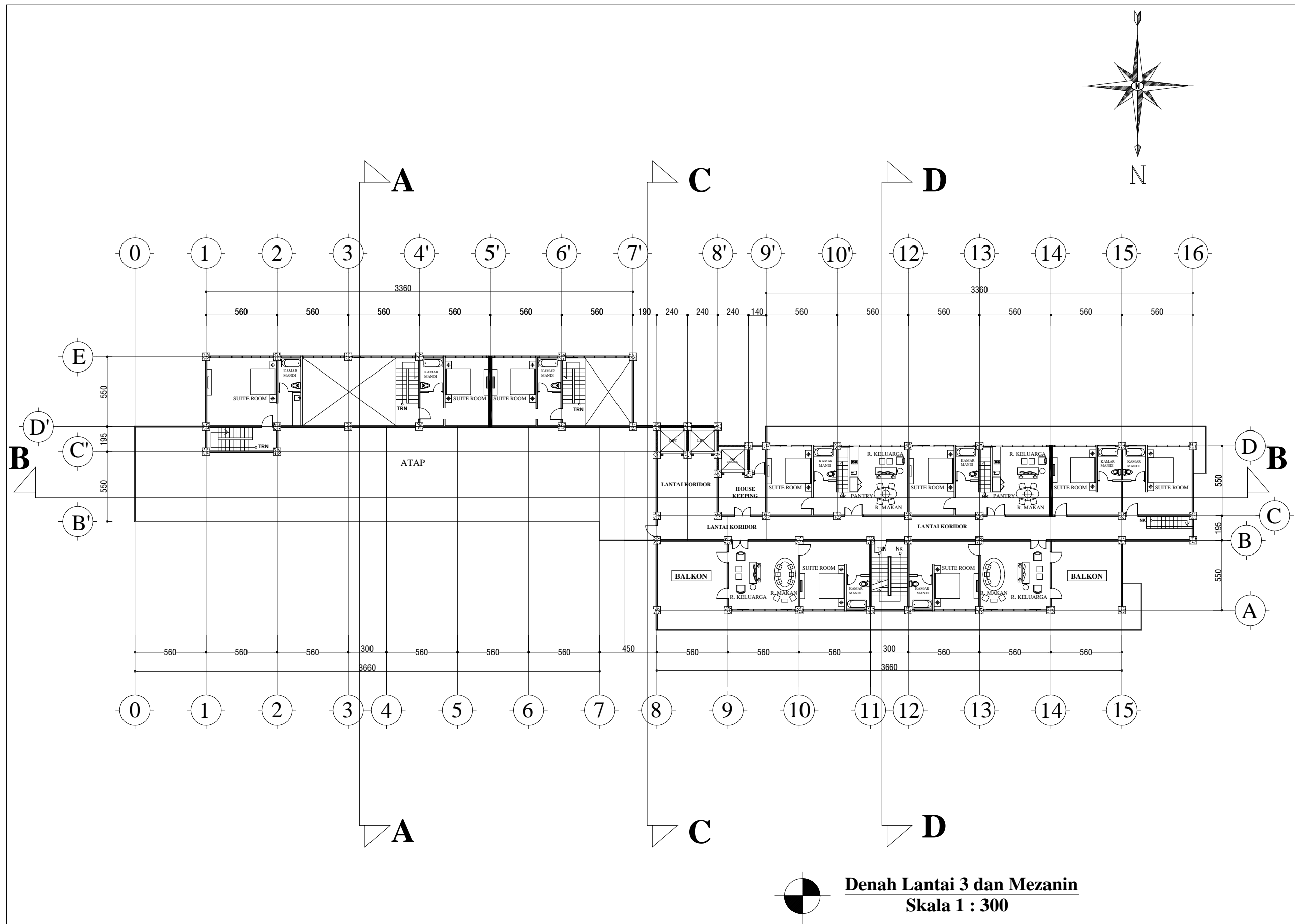
Eddo Bagus Ardiansyah
3113 041 016

KODE GMBR

NO. LMBR

ARS

3



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

TUGAS

PROYEK AKHIR TERAPAN

JUDUL

DESAIN STRUKTUR GEDUNG
HOLLAND PARK CONDOTEL
BATU-MALANG DENGAN
MENGUNAKAN METODE DUAL
SYSTEM DAN METODE
PELAKSANAAN PEKERJAAN
BALOK DAN PLAT

NAMA GAMBAR & SKALA

- Denah Lantai 3
- Denah Lantai Mezanin
1 : 300

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Boedi Wibowo, CES.
NIP. 19530424 198203 1 002

Afif Navir Refani ST.,MT.
NIP. 19840919 2015041 001

MAHASISWA

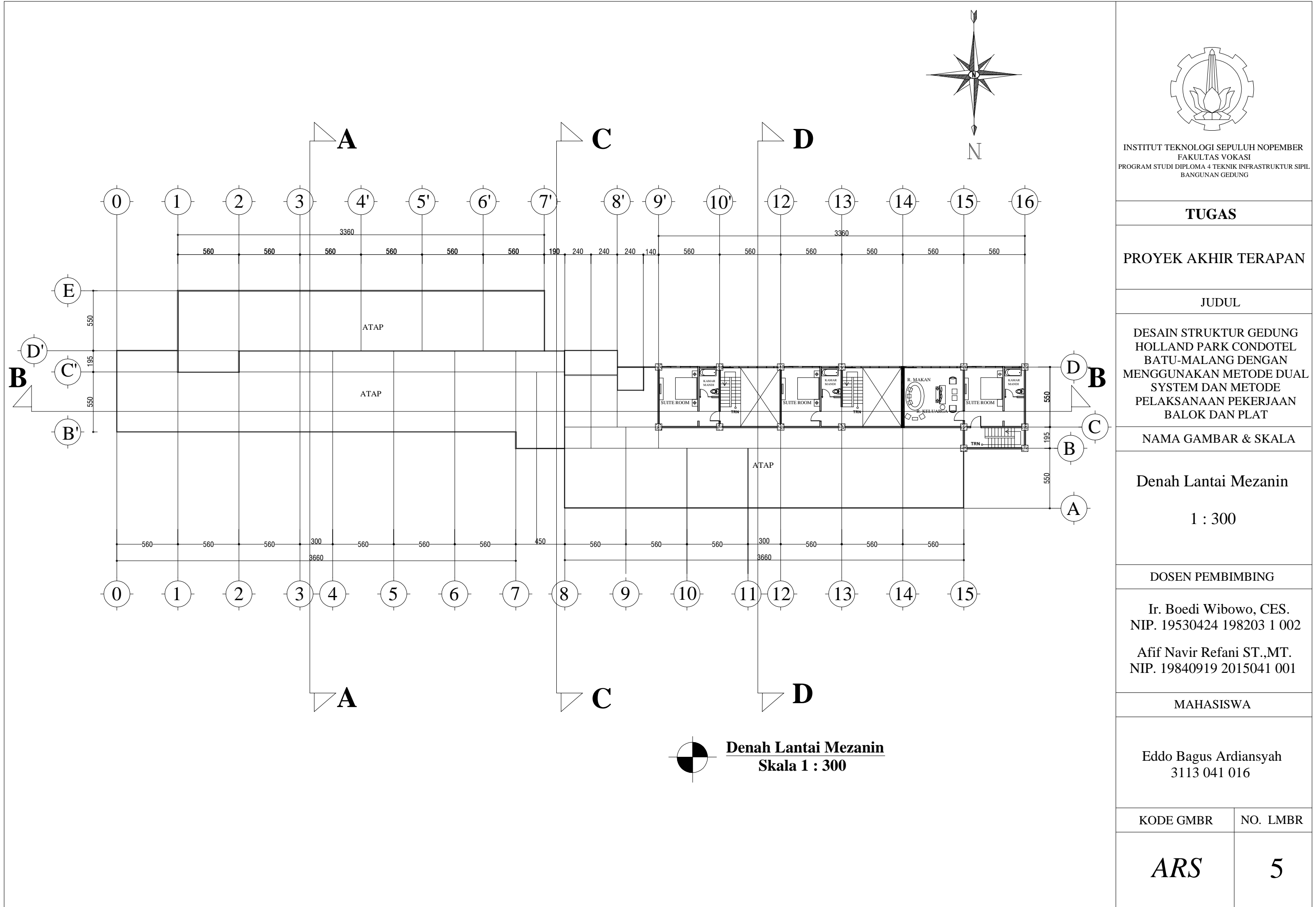
Eddo Bagus Ardiansyah
3113 041 016

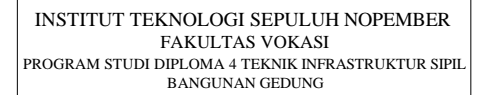
KODE GMBR

NO. LMBR

ARS

4





PROYEK AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG
HOLLAND PARK CONDOTEL
BATU-MALANG DENGAN
MENGUNAKAN METODE DUAL
SYSTEM DAN METODE
PELAKSANAAN PEKERJAAN
BALOK DAN PLAT

Denah Lantai Atap

DOSEN PEMBIMBING

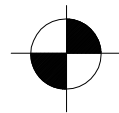
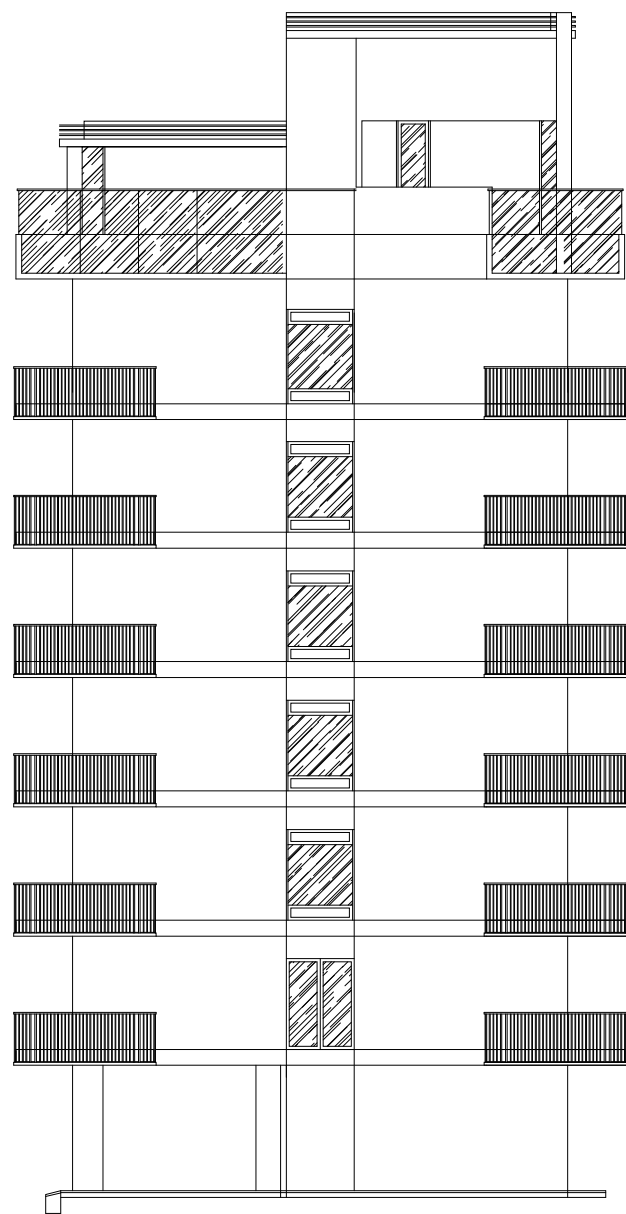
Afif Navir Refani ST.,MT.
NIP. 19840919 2015041 001

Eddo Bagus Ardiansyah
3113 041 016

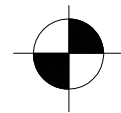
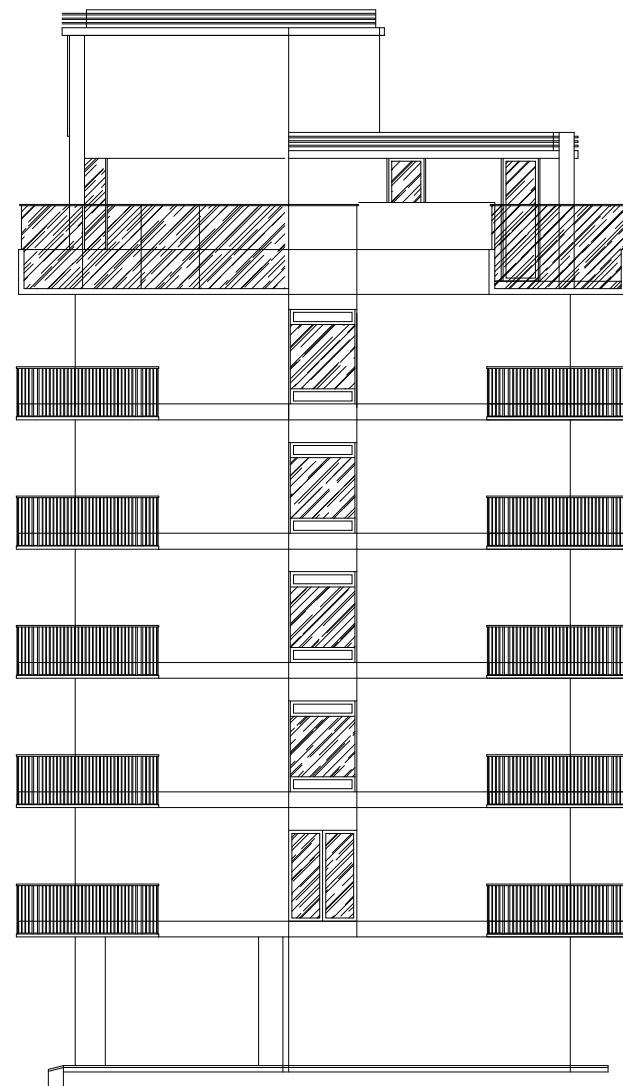
NO. LMBR

6

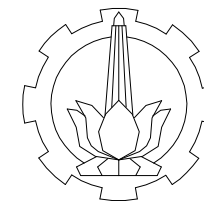




Tampak Barat
Skala 1 : 200



Tampak Timur
Skala 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

TUGAS

PROYEK AKHIR TERAPAN

JUDUL

DESAIN STRUKTUR GEDUNG
HOLLAND PARK CONDOTEL
BATU-MALANG DENGAN
MENGUNAKAN METODE DUAL
SYSTEM DAN METODE
PELAKSANAAN PEKERJAAN
BALOK DAN PLAT

NAMA GAMBAR & SKALA

- Denah Tampak Timur
 - Denah Tampak Barat
- 1 : 200

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Boedi Wibowo, CES.
NIP. 19530424 198203 1 002

Afif Navir Refani ST.,MT.
NIP. 19840919 2015041 001

MAHASISWA

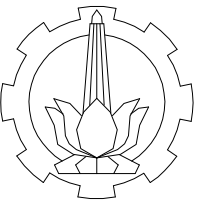
Eddo Bagus Ardiansyah
3113 041 016

KODE GMBR

NO. LMBR

ARS

7



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

TUGAS

PROYEK AKHIR TERAPAN

JUDUL

DESAIN STRUKTUR GEDUNG
HOLLAND PARK CONDOTEL
BATU-MALANG DENGAN
MENGUNAKAN METODE DUAL
SYSTEM DAN METODE
PELAKSANAAN PEKERJAAN
BALOK DAN PLAT

NAMA GAMBAR & SKALA

- Denah Tampak Utara
1 : 300

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Boedi Wibowo, CES.
NIP. 19530424 198203 1 002

Afif Navir Refani ST.,MT.
NIP. 19840919 2015041 001

MAHASISWA

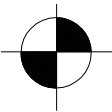
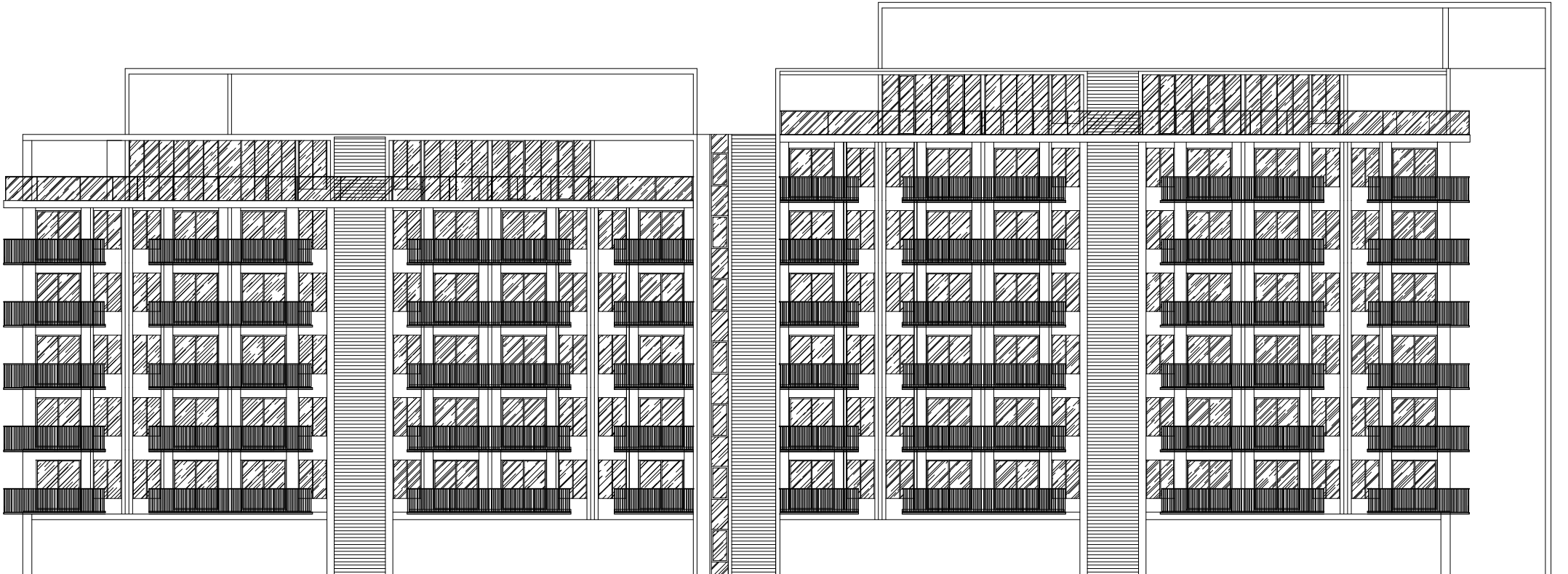
Eddo Bagus Ardiansyah
3113 041 016

KODE GMBR

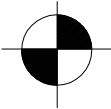
NO. LMBR

ARS

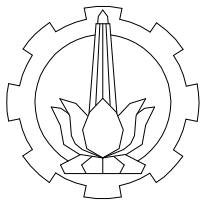
8



Tampak Utara
Skala 1 : 300



Tampak Selatan
Skala 1 : 300



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

TUGAS

PROYEK AKHIR TERAPAN

JUDUL

DESAIN STRUKTUR GEDUNG
HOLLAND PARK CONDOTEL
BATU-MALANG DENGAN
MENGGUNAKAN METODE DUAL
SYSTEM DAN METODE
PELAKSANAAN PEKERJAAN
BALOK DAN PLAT

NAMA GAMBAR & SKALA

- Denah Tampak Selatan
1 : 300

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Boedi Wibowo, CES.
NIP. 19530424 198203 1 002

Afif Navir Refani ST.,MT.
NIP. 19840919 2015041 001

MAHASISWA

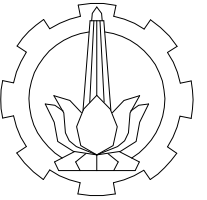
Eddo Bagus Ardiansyah
3113 041 016

KODE GMBR

NO. LMBR

ARS

9



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

TUGAS

PROYEK AKHIR TERAPAN

JUDUL

DESAIN STRUKTUR GEDUNG
HOLLAND PARK CONDOTEL
BATU-MALANG DENGAN
MENGUNAKAN METODE DUAL
SYSTEM DAN METODE
PELAKSANAAN PEKERJAAN
BALOK DAN PLAT

NAMA GAMBAR & SKALA

- DENAH POTONGAN D-D
 - DENAH POTONGAN A-A
 - DENAH POTONGAN C-C
- 1 : 300

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Boedi Wibowo, CES.
NIP. 19530424 198203 1 002

Afif Navir Refani ST.,MT.
NIP. 19840919 2015041 001

MAHASISWA

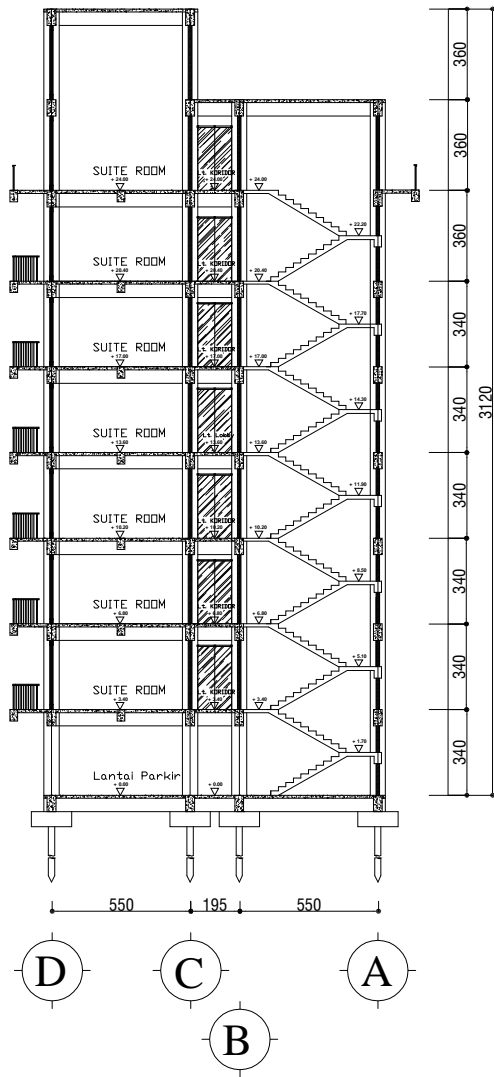
Eddo Bagus Ardiansyah
3113 041 016

KODE GMBR

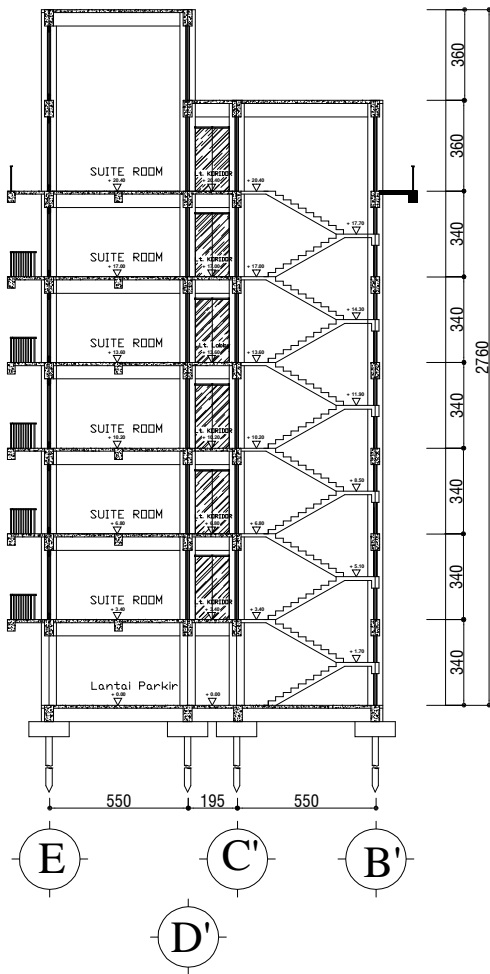
NO. LMBR

ARS

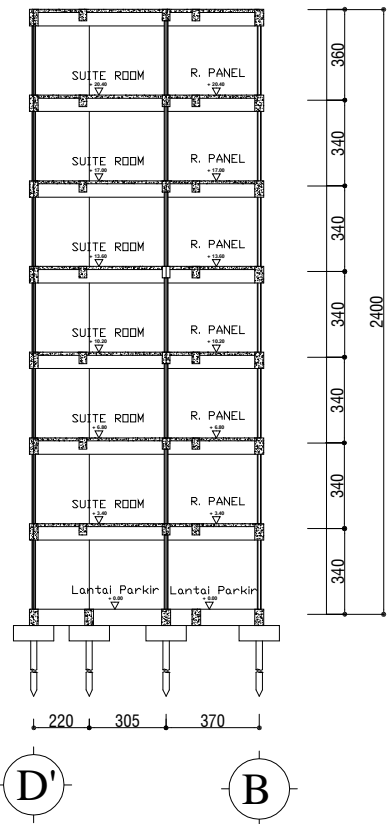
10



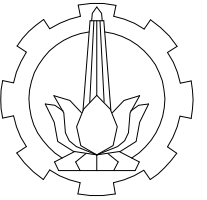
POTONGAN D-D
Skala 1 : 300



POTONGAN A-A
Skala 1 : 300



POTONGAN C-C
Skala 1 : 300



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

TUGAS

PROYEK AKHIR TERAPAN

JUDUL

DESAIN STRUKTUR GEDUNG
HOLLAND PARK CONDOTEL
BATU-MALANG DENGAN
MENGUNAKAN METODE DUAL
SYSTEM DAN METODE
PELAKSANAAN PEKERJAAN
BALOK DAN PLAT

NAMA GAMBAR & SKALA

DENAH POTONGAN B-B
1 : 300

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Boedi Wibowo, CES.
NIP. 19530424 198203 1 002

Afif Navir Refani ST.,MT.
NIP. 19840919 2015041 001

MAHASISWA

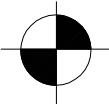
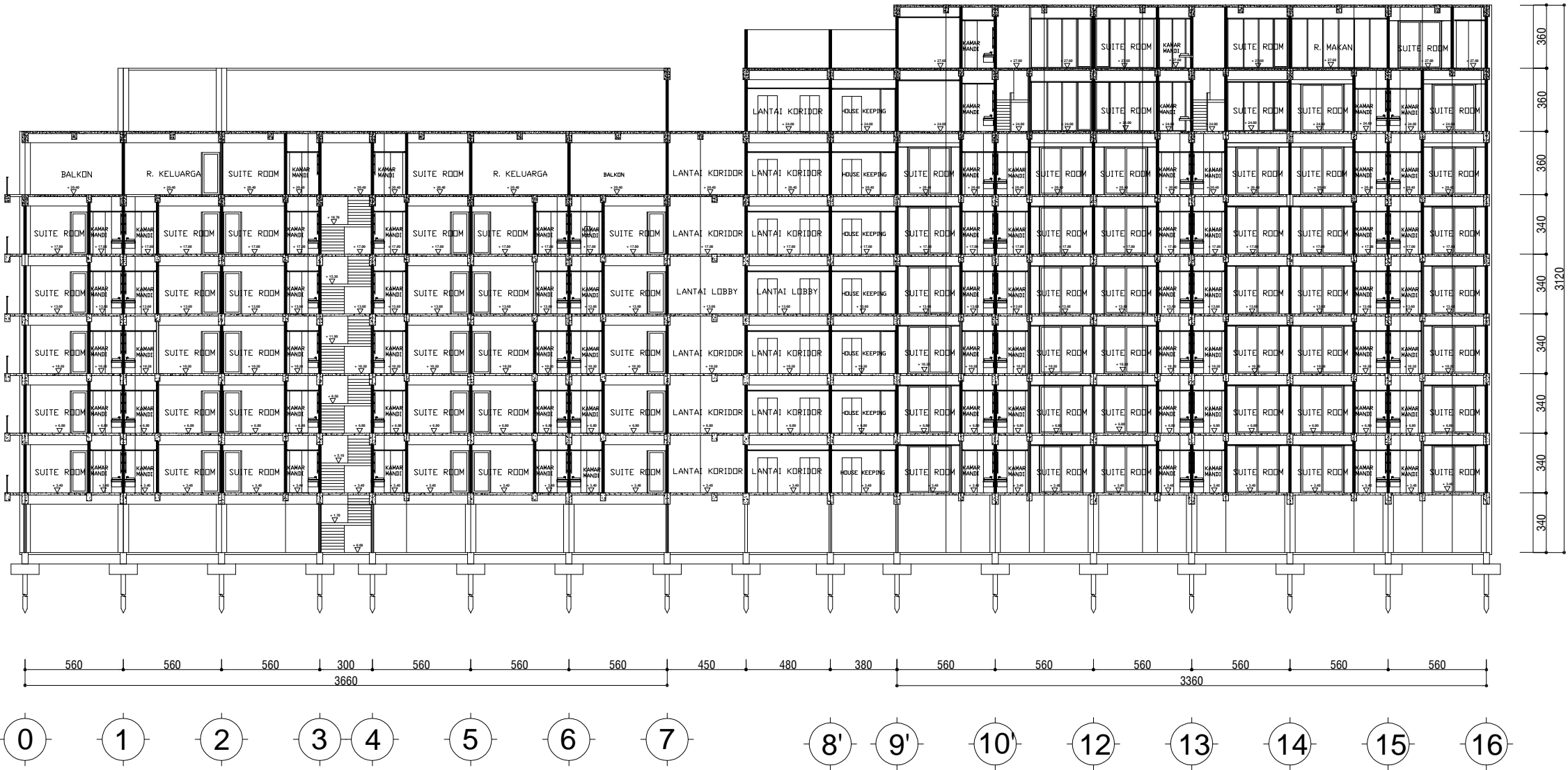
Eddo Bagus Ardiansyah
3113 041 016

KODE GMBR

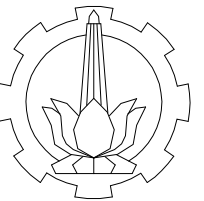
NO. LMBR

ARS

11



POTONGAN B-B
Skala 1 : 300



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

TUGAS

PROYEK AKHIR TERAPAN

JUDUL

DESAIN STRUKTUR GEDUNG
HOLLAND PARK CONDOTEL
BATU-MALANG DENGAN
MENGUNAKAN METODE DUAL
SYSTEM DAN METODE
PELAKSANAAN PEKERJAAN
BALOK DAN PLAT

NAMA GAMBAR & SKALA

DENAH SLOOF Lt. LG.5
1 : 300

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Boedi Wibowo, CES.
NIP. 19530424 198203 1 002

Afif Navir Refani ST.,MT.
NIP. 19840919 2015041 001

MAHASISWA

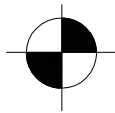
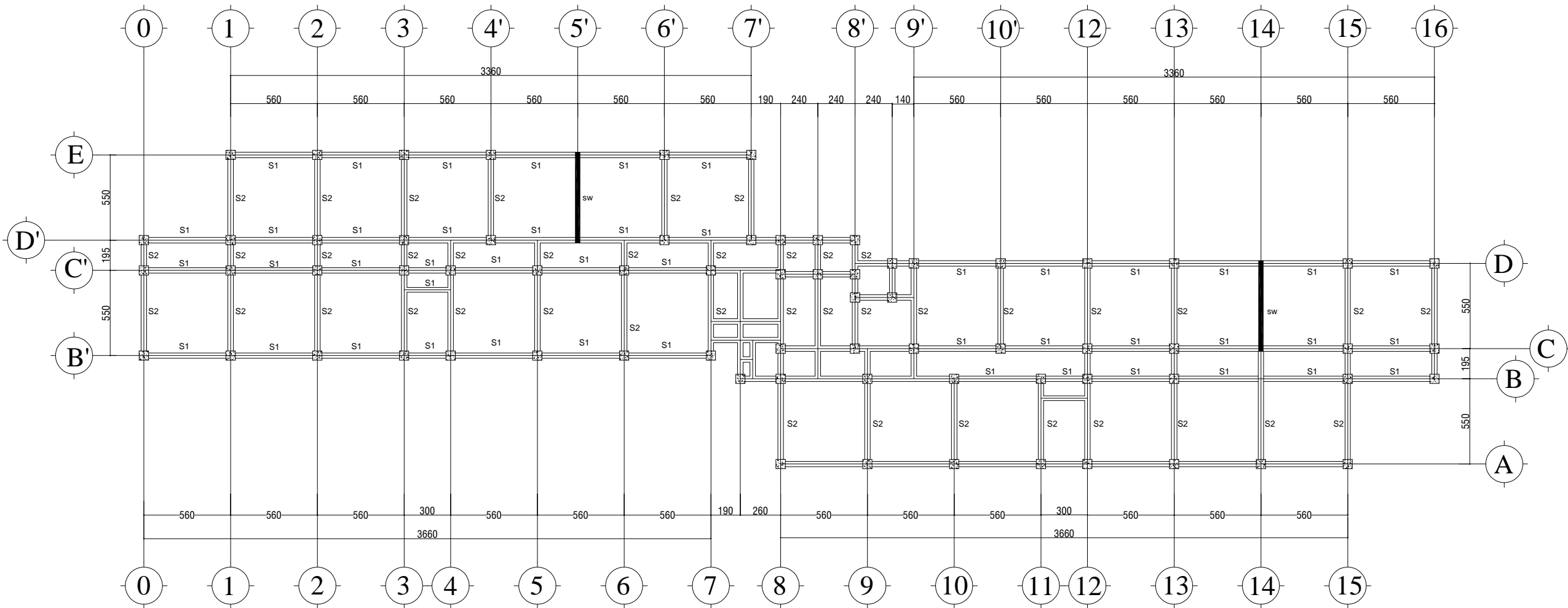
Eddo Bagus Ardiansyah
3113 041 016

KODE GMBR

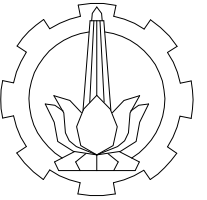
NO. LMBR

STR

12



Denah Sloof Lantai LG.5
Skala 1 : 300



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

TUGAS

PROYEK AKHIR TERAPAN

JUDUL

DESAIN STRUKTUR GEDUNG
HOLLAND PARK CONDOTEL
BATU-MALANG DENGAN
MENGUNAKAN METODE DUAL
SYSTEM DAN METODE
PELAKSANAAN PEKERJAAN
BALOK DAN PLAT

NAMA GAMBAR & SKALA

- Denah Pembalokan Lantai LG.3
- Denah Pembalokan Lantai LG.2
- Denah Pembalokan Lantai LG.1
- Denah Pembalokan Lantai Lobby
- Denah Pembalokan Lantai 1

1 : 300

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Boedi Wibowo, CES.
NIP. 19530424 198203 1 002

Afif Navir Refani ST.,MT.
NIP. 19840919 2015041 001

MAHASISWA

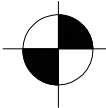
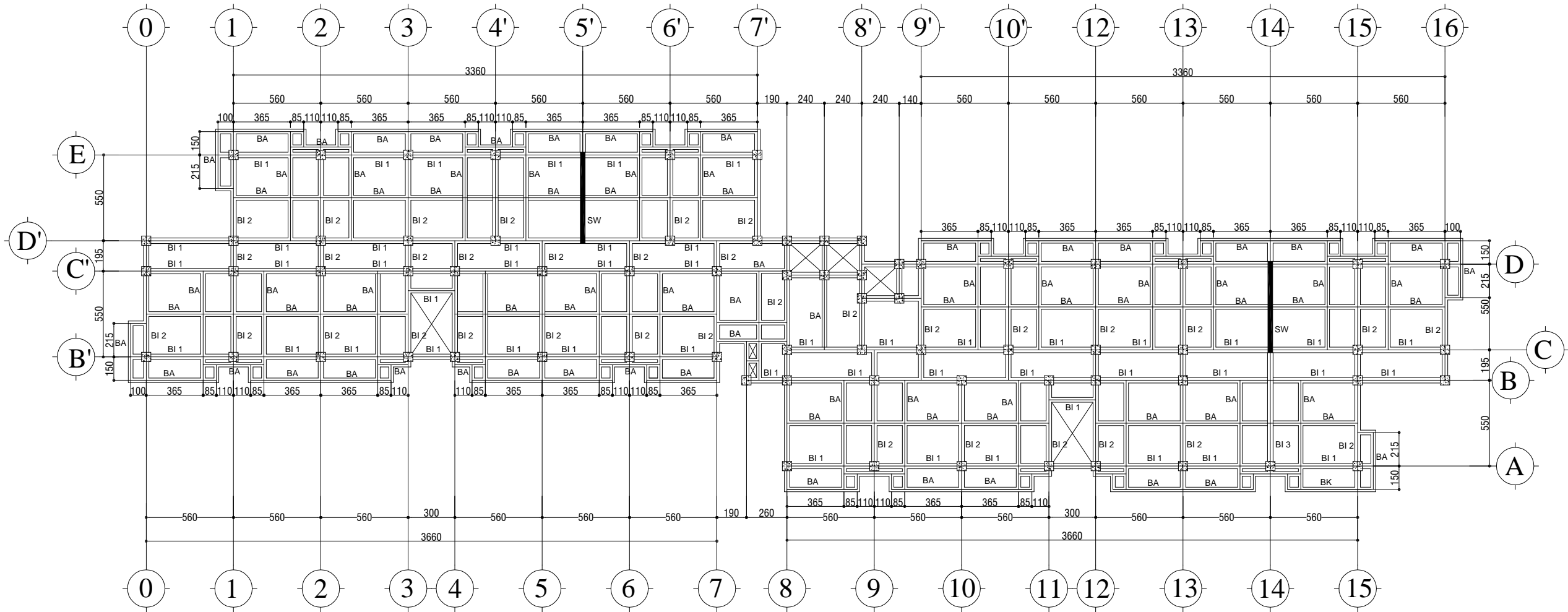
Eddo Bagus Ardiansyah
3113 041 016

KODE GMBR

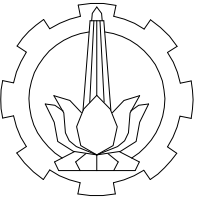
NO. LMBR

STR

13



Denah Pembalokan Lantai LG.3, LG.2, LG.1, Lt. Lobby, Lt. 1
Skala 1 : 300



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

TUGAS

PROYEK AKHIR TERAPAN

JUDUL

DESAIN STRUKTUR GEDUNG
HOLLAND PARK CONDOTEL
BATU-MALANG DENGAN
MENGUNAKAN METODE DUAL
SYSTEM DAN METODE
PELAKSANAAN PEKERJAAN
BALOK DAN PLAT

NAMA GAMBAR & SKALA

Denah Pembalokan Lantai 2
1 : 300

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Boedi Wibowo, CES.
NIP. 19530424 198203 1 002

Afif Navir Refani ST.,MT.
NIP. 19840919 2015041 001

MAHASISWA

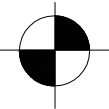
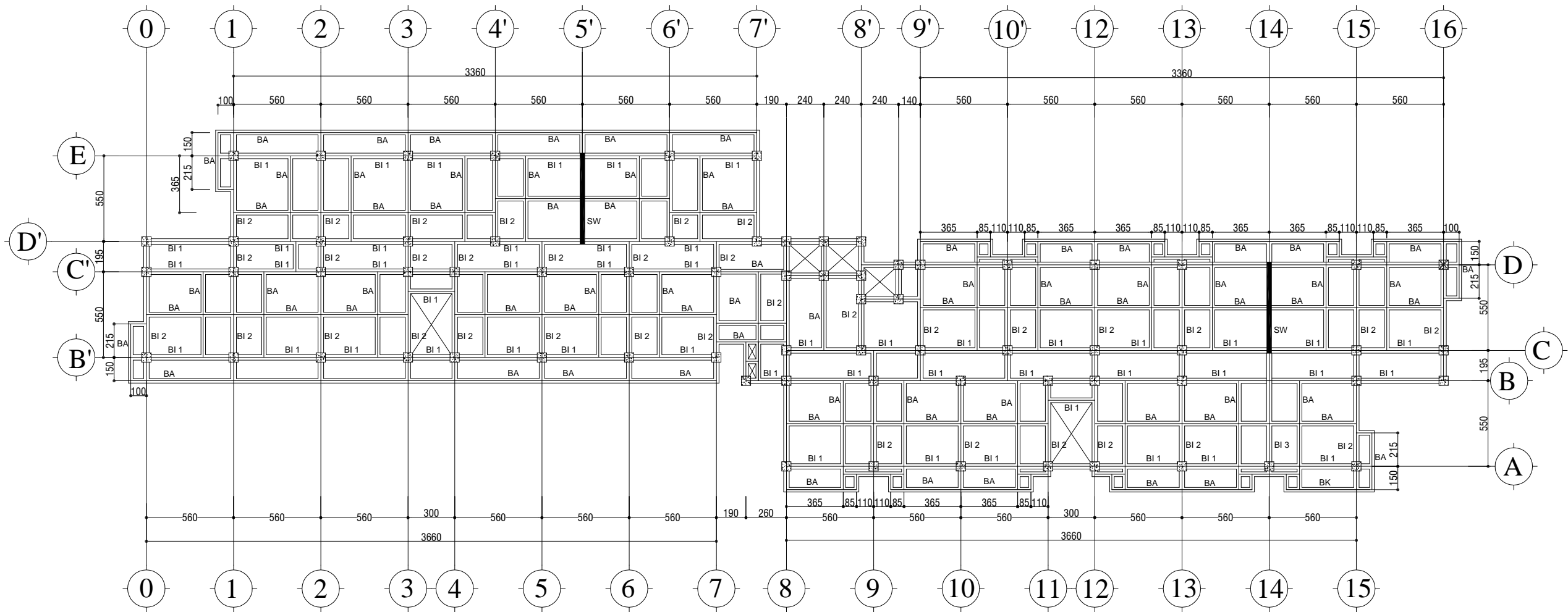
Eddo Bagus Ardiansyah
3113 041 016

KODE GMBR

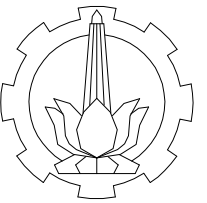
NO. LMBR

STR

14



Denah Pembalokan Lantai 2
Skala 1 : 300



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

TUGAS

PROYEK AKHIR TERAPAN

JUDUL

DESAIN STRUKTUR GEDUNG
HOLLAND PARK CONDOTEL
BATU-MALANG DENGAN
MENGUNAKAN METODE DUAL
SYSTEM DAN METODE
PELAKSANAAN PEKERJAAN
BALOK DAN PLAT

NAMA GAMBAR & SKALA

- Denah Pembalokan Lantai 3
 - Denah Pembalokan Lt. Mezanin
- 1 : 300

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Boedi Wibowo, CES.
NIP. 19530424 198203 1 002

Afif Navir Refani ST.,MT.
NIP. 19840919 2015041 001

MAHASISWA

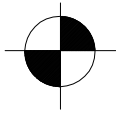
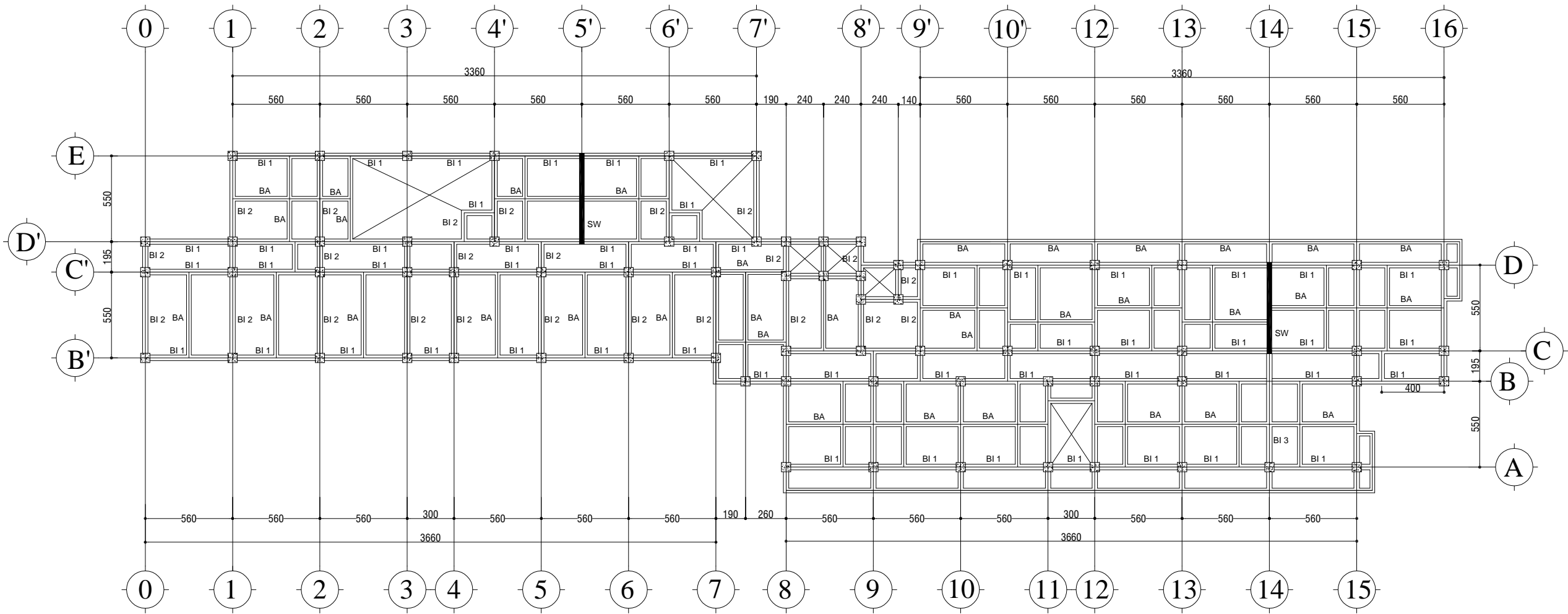
Eddo Bagus Ardiansyah
3113 041 016

KODE GMBR

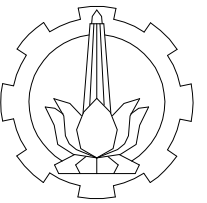
NO. LMBR

STR

15



Denah Pembalokan Lantai 3 dan Mezanin
Skala 1 : 300



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

TUGAS

PROYEK AKHIR TERAPAN

JUDUL

DESAIN STRUKTUR GEDUNG
HOLLAND PARK CONDOTEL
BATU-MALANG DENGAN
MENGUNAKAN METODE DUAL
SYSTEM DAN METODE
PELAKSANAAN PEKERJAAN
BALOK DAN PLAT

NAMA GAMBAR & SKALA

Denah Pembalokan Lt. Mezanin
1 : 300

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Boedi Wibowo, CES.
NIP. 19530424 198203 1 002

Afif Navir Refani ST.,MT.
NIP. 19840919 2015041 001

MAHASISWA

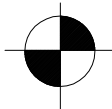
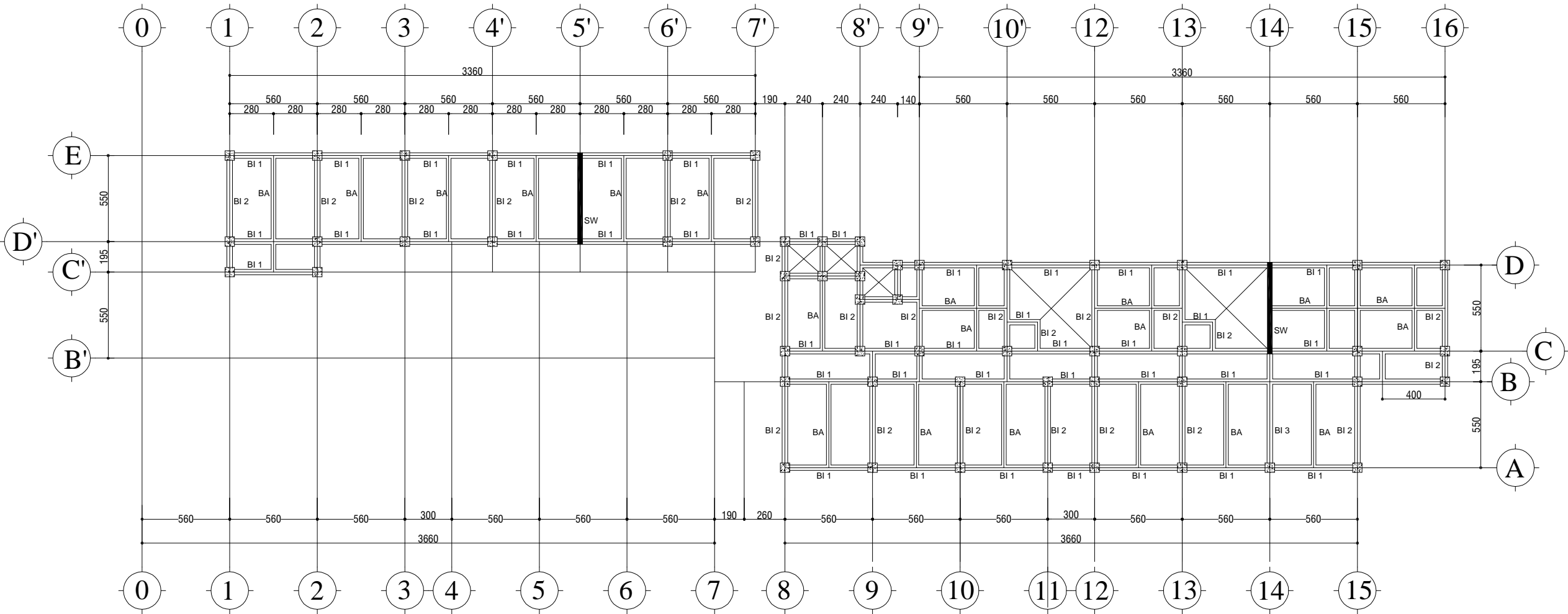
Eddo Bagus Ardiansyah
3113 041 016

KODE GMBR

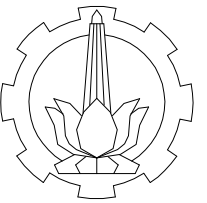
NO. LMBR

STR

16



Denah Pembalokan Lantai Mezanin
Skala 1 : 300



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

TUGAS

PROYEK AKHIR TERAPAN

JUDUL

DESAIN STRUKTUR GEDUNG
HOLLAND PARK CONDOTEL
BATU-MALANG DENGAN
MENGUNAKAN METODE DUAL
SYSTEM DAN METODE
PELAKSANAAN PEKERJAAN
BALOK DAN PLAT

NAMA GAMBAR & SKALA

Denah Pembalokan Lt. Atap
1 : 300

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Boedi Wibowo, CES.
NIP. 19530424 198203 1 002

Afif Navir Refani ST.,MT.
NIP. 19840919 2015041 001

MAHASISWA

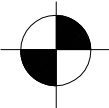
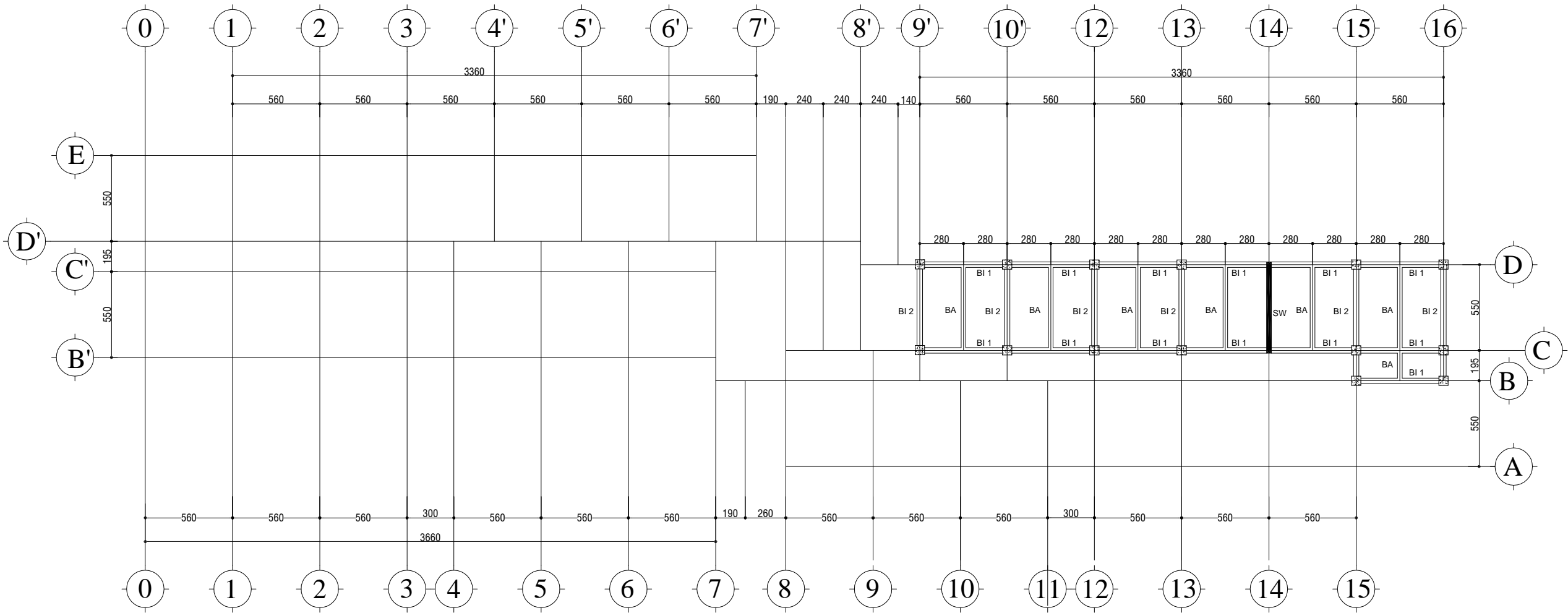
Eddo Bagus Ardiansyah
3113 041 016

KODE GMBR

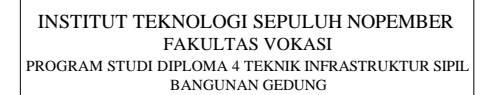
NO. LMBR

STR

17



Denah Pembalokan Lantai Atap
Skala 1 : 300



PROYEK AKHIR TERAPAN

**DESAIN STRUKTUR GEDUNG
HOLLAND PARK CONDOTEL
BATU-MALANG DENGAN
MENGUNAKAN METODE DUAL
SYSTEM DAN METODE
PELAKSANAAN PEKERJAAN
BALOK DAN PLAT**

Denah Plat Lantai LG.2,
LG.1, Lobby, 1

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Boedi Wibowo, CES.
NIP. 19530424 198203 1 002

Afif Navir Refani ST.,MT.
NIP. 19840919 2015041 001

MAHASISWA

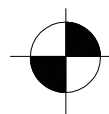
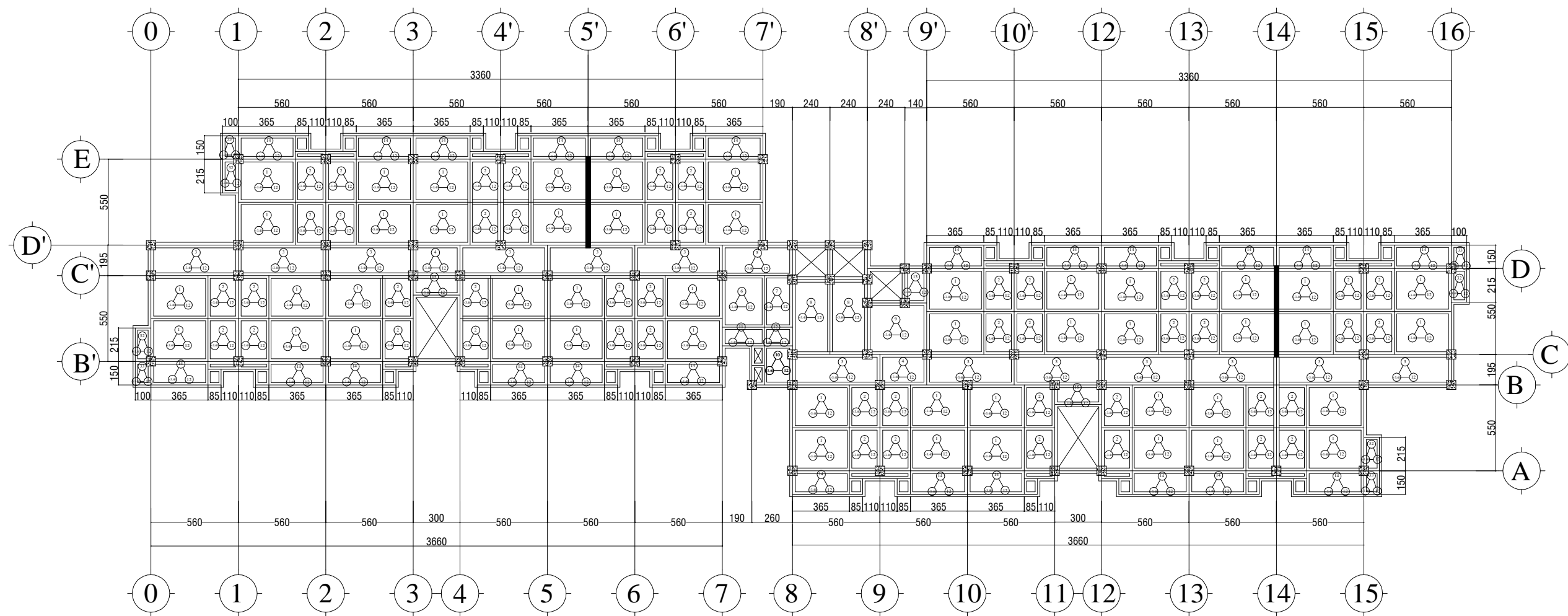
Eddo Bagus Ardiansyah
3113 041 016

KODE GMBR

NO. LMBR

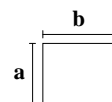
STR

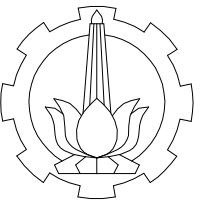
18



Denah Plat Lantai LG.2, LG.1, Lt. Lobby, Lt. 1
Skala 1 : 300

Tipe Pelat	Ukuran (mm)		Tipe Pelat	Ukuran (mm)		Tipe Pelat	Ukuran (mm)	
	a	b		a	b		a	b
1	2750	3650	9	3300	3800	32	2150	1000
2	2750	1950	10	2500	2600	33	1500	1000
3	1950	5650	11	1200	2700			
4	1950	3000	12	1200	1800			
5	1950	4500	13	2200	1400			
6	3300	2700	14	1500	3650			
7	3300	1800	15	1250	3000			
8	4800	2400	16	1000	2150			





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

TUGAS

PROYEK AKHIR TERAPAN

JUDUL

DESAIN STRUKTUR GEDUNG
HOLLAND PARK CONDOTEL
BATU-MALANG DENGAN
MENGUNAKAN METODE DUAL
SYSTEM DAN METODE
PELAKSANAAN PEKERJAAN
BALOK DAN PLAT

NAMA GAMBAR & SKALA

Denah Plat Lantai 2
1 : 300

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Boedi Wibowo, CES.
NIP. 19530424 198203 1 002

Afif Navir Refani ST.,MT.
NIP. 19840919 2015041 001

MAHASISWA

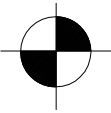
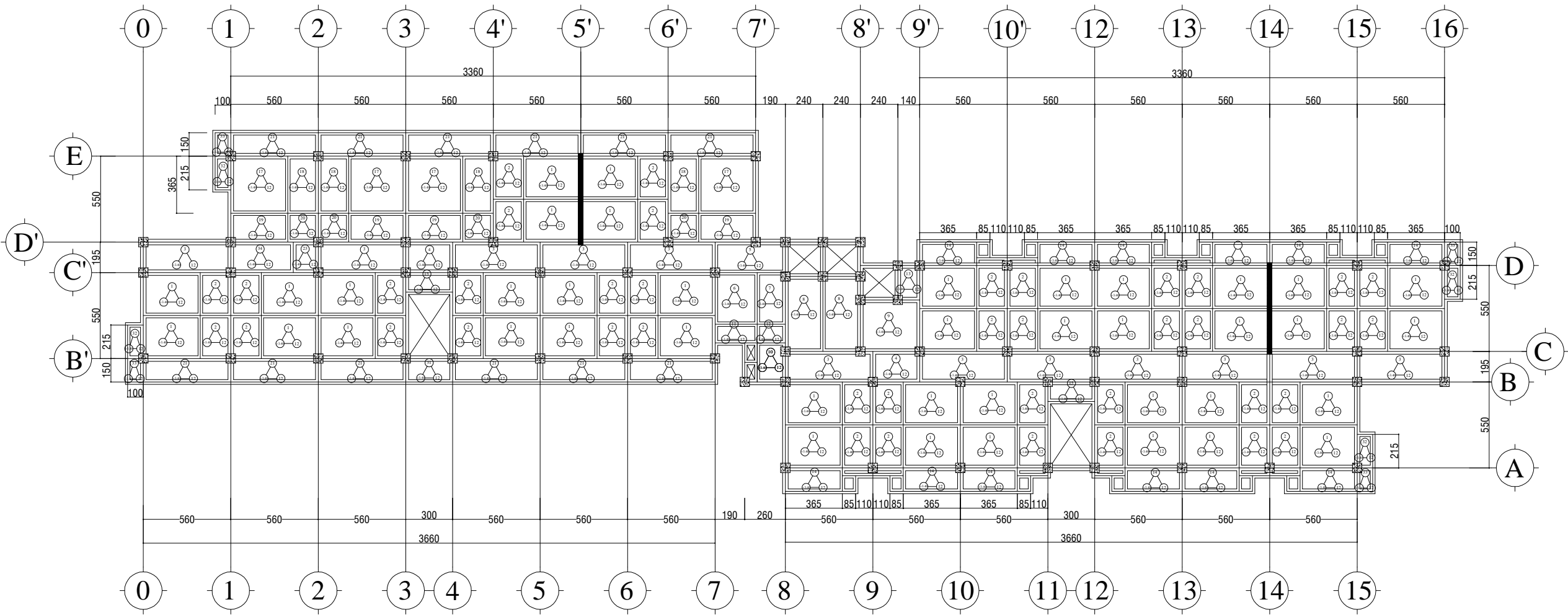
Eddo Bagus Ardiansyah
3113 041 016

KODE GMBR

NO. LMBR

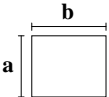
STR

19



Denah Plat Lantai Lt.2
Skala 1 : 300

Tipe Pelat	Ukuran (mm)		Tipe Pelat	Ukuran (mm)		Tipe Pelat	Ukuran (mm)	
	a	b		a	b		a	b
1	2750	3650	9	3300	3800	17	3650	3650
2	2750	1950	10	2500	2600	18	1950	3650
3	1950	5650	11	1200	2700	19	1850	3650
4	1950	3000	12	1200	1800	20	1850	1950
5	1950	4500	13	2200	1400	21	1500	5600
6	3300	2700	14	1500	3650	23	1950	1600
7	3300	1800	15	1250	3000	31	1500	3000
8	4800	2400	16	1000	2150	34	1950	4000





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

TUGAS

PROYEK AKHIR TERAPAN

JUDUL

DESAIN STRUKTUR GEDUNG
HOLLAND PARK CONDOTEL
BATU-MALANG DENGAN
MENGUNAKAN METODE DUAL
SYSTEM DAN METODE
PELAKSANAAN PEKERJAAN
BALOK DAN PLAT

NAMA GAMBAR & SKALA

Denah Plat Lantai 3
dan Mezanin

1 : 300

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Boedi Wibowo, CES.
NIP. 19530424 198203 1 002

Afif Navir Refani ST.,MT.
NIP. 19840919 2015041 001

MAHASISWA

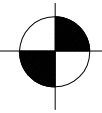
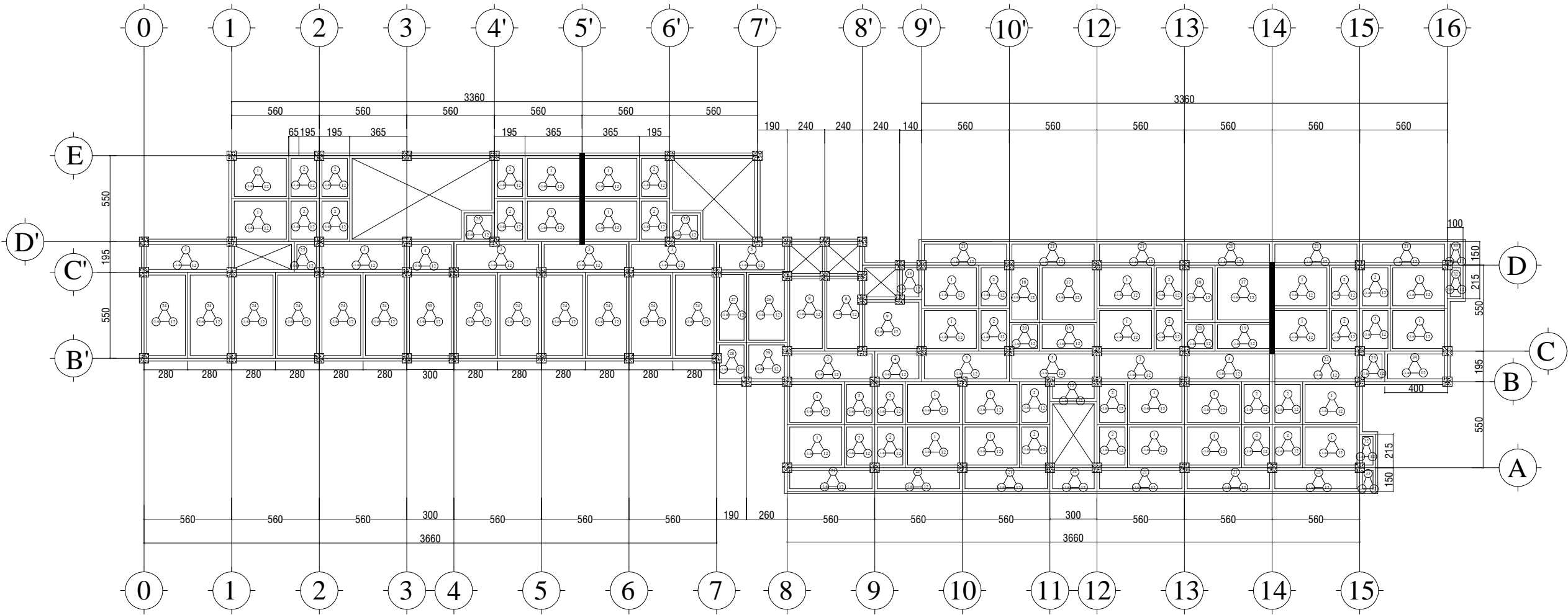
Eddo Bagus Ardiansyah
3113 041 016

KODE GMBR

NO. LMBR

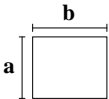
STR

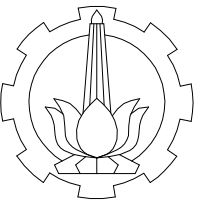
20



Denah Plat Lantai 3 dan Mezanin
Skala 1 : 300

Tipe Pelat	Ukuran (mm)		Tipe Pelat	Ukuran (mm)		Tipe Pelat	Ukuran (mm)		Tipe Pelat	Ukuran (mm)	
	a	b		a	b		a	b		a	b
1	2750	3650	12	1200	1800	23	1950	1600	34	1950	4000
2	2750	1950	13	2200	1400	24	5500	2800			
3	1950	5650	14	1500	3650	25	1850	1950			
4	1950	3000	15	1250	3000	26	4500	2600			
5	1950	4500	16	1000	2150	27	4500	1900			
6	3300	2700	17	3650	3650	28	2500	1900			
7	3300	1800	18	1950	3650	29	2500	2600			
8	4800	2400	19	1850	3650	30	5500	3000			
9	3300	3800	20	1850	1950	31	1500	3000			
10	2500	2600	21	1500	5600	32	2150	1000			
11	1200	2700	22	1950	4000	33	1500	1000			





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

TUGAS

PROYEK AKHIR TERAPAN

JUDUL

DESAIN STRUKTUR GEDUNG
HOLLAND PARK CONDOTEL
BATU-MALANG DENGAN
MENGUNAKAN METODE DUAL
SYSTEM DAN METODE
PELAKSANAAN PEKERJAAN
BALOK DAN PLAT

NAMA GAMBAR & SKALA

Denah Plat Lantai Mezanin
1 : 300

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Boedi Wibowo, CES.
NIP. 19530424 198203 1 002

Afif Navir Refani ST.,MT.
NIP. 19840919 2015041 001

MAHASISWA

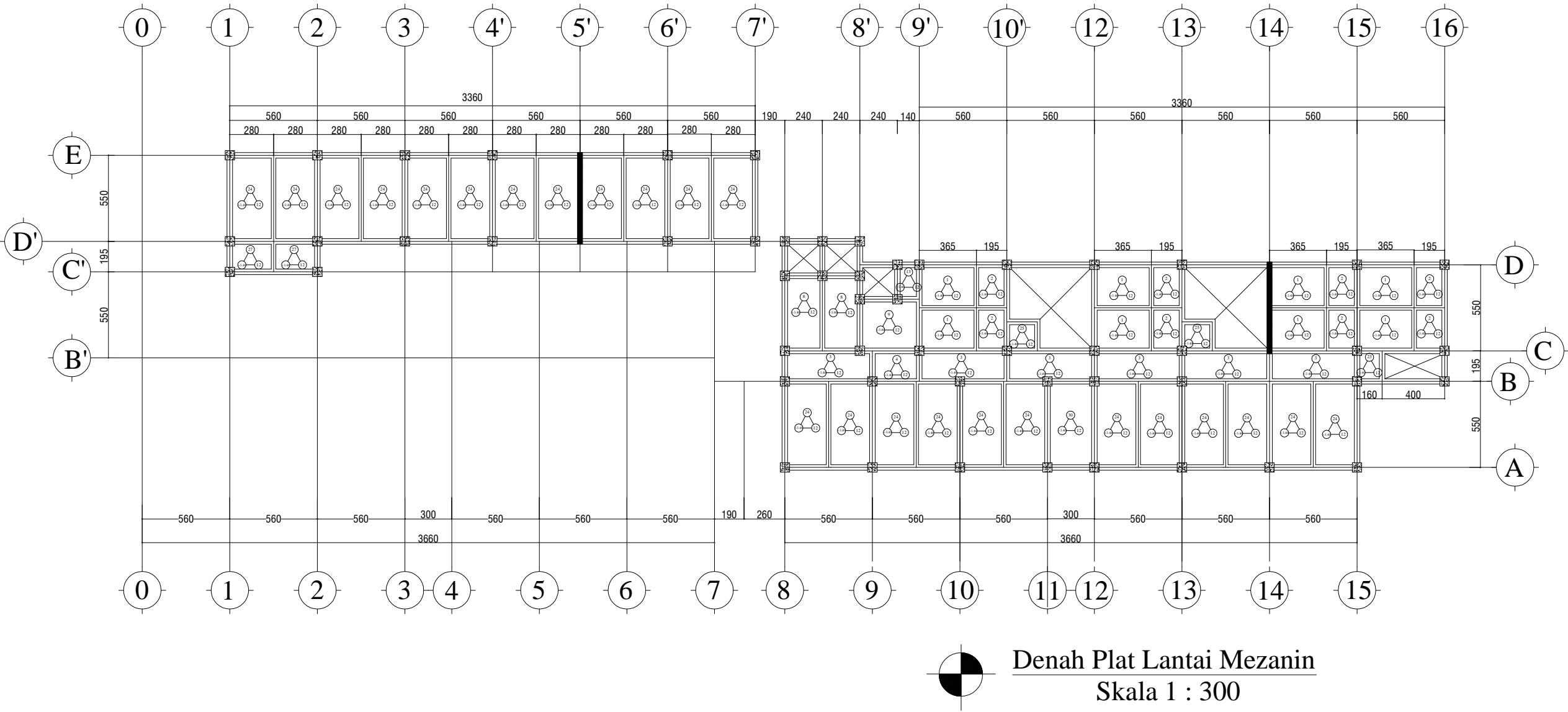
Eddo Bagus Ardiansyah
3113 041 016

KODE GMBR

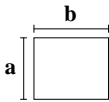
NO. LMBR

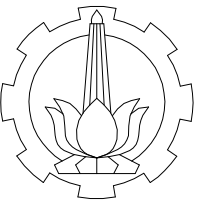
STR

21



Tipe Pelat	Ukuran (mm)		Tipe Pelat	Ukuran (mm)	
	a	b		a	b
1	2750	3650	23	1950	1600
2	2750	1950	24	5500	2800
3	1950	5650	25	1850	1950
4	1950	3000	27	4500	1900
8	4800	2400	30	5500	3000
9	3300	3800			
13	2200	1400			





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

TUGAS

PROYEK AKHIR TERAPAN

JUDUL

DESAIN STRUKTUR GEDUNG
HOLLAND PARK CONDOTEL
BATU-MALANG DENGAN
MENGUNAKAN METODE DUAL
SYSTEM DAN METODE
PELAKSANAAN PEKERJAAN
BALOK DAN PLAT

NAMA GAMBAR & SKALA

Denah Plat Lantai Atap
1 : 300

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Boedi Wibowo, CES.
NIP. 19530424 198203 1 002

Afif Navir Refani ST.,MT.
NIP. 19840919 2015041 001

MAHASISWA

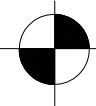
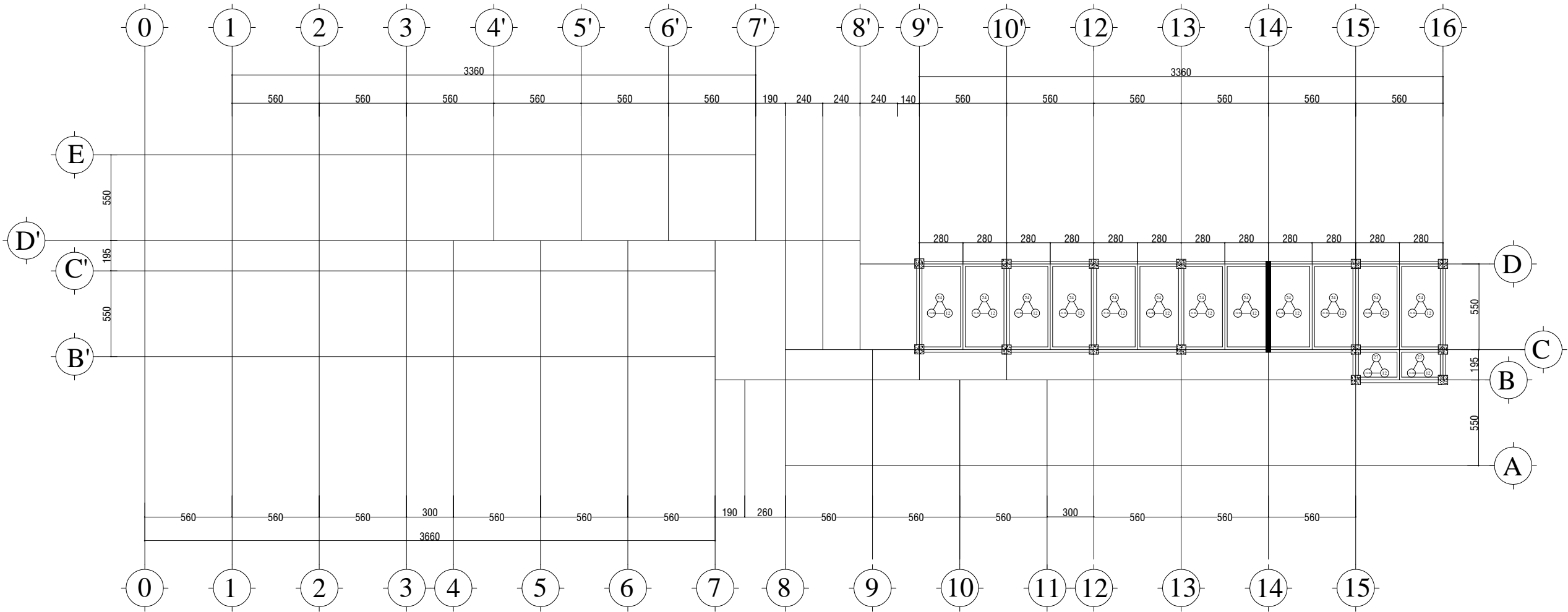
Eddo Bagus Ardiansyah
3113 041 016

KODE GMBR

NO. LMBR

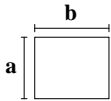
STR

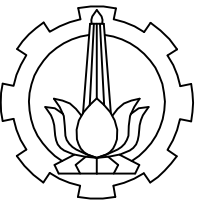
22



Denah Plat Lantai Atap
Skala 1 : 300

Tipe Pelat	Ukuran (mm)	
	a	b
24	5500	2800
27	4500	1900





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

TUGAS

PROYEK AKHIR TERAPAN

JUDUL

DESAIN STRUKTUR GEDUNG
HOLLAND PARK CONDOTEL
BATU-MALANG DENGAN
MENGUNAKAN METODE DUAL
SYSTEM DAN METODE
PELAKSANAAN PEKERJAAN
BALOK DAN PLAT

NAMA GAMBAR & SKALA

- DETAIL PENULANGAN
PLAT LANTAI AS (1-2') (E-E')

1 : 40

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Boedi Wibowo, CES.
NIP. 19530424 198203 1 002

Afif Navir Refani ST.,MT.
NIP. 19840919 2015041 001

MAHASISWA

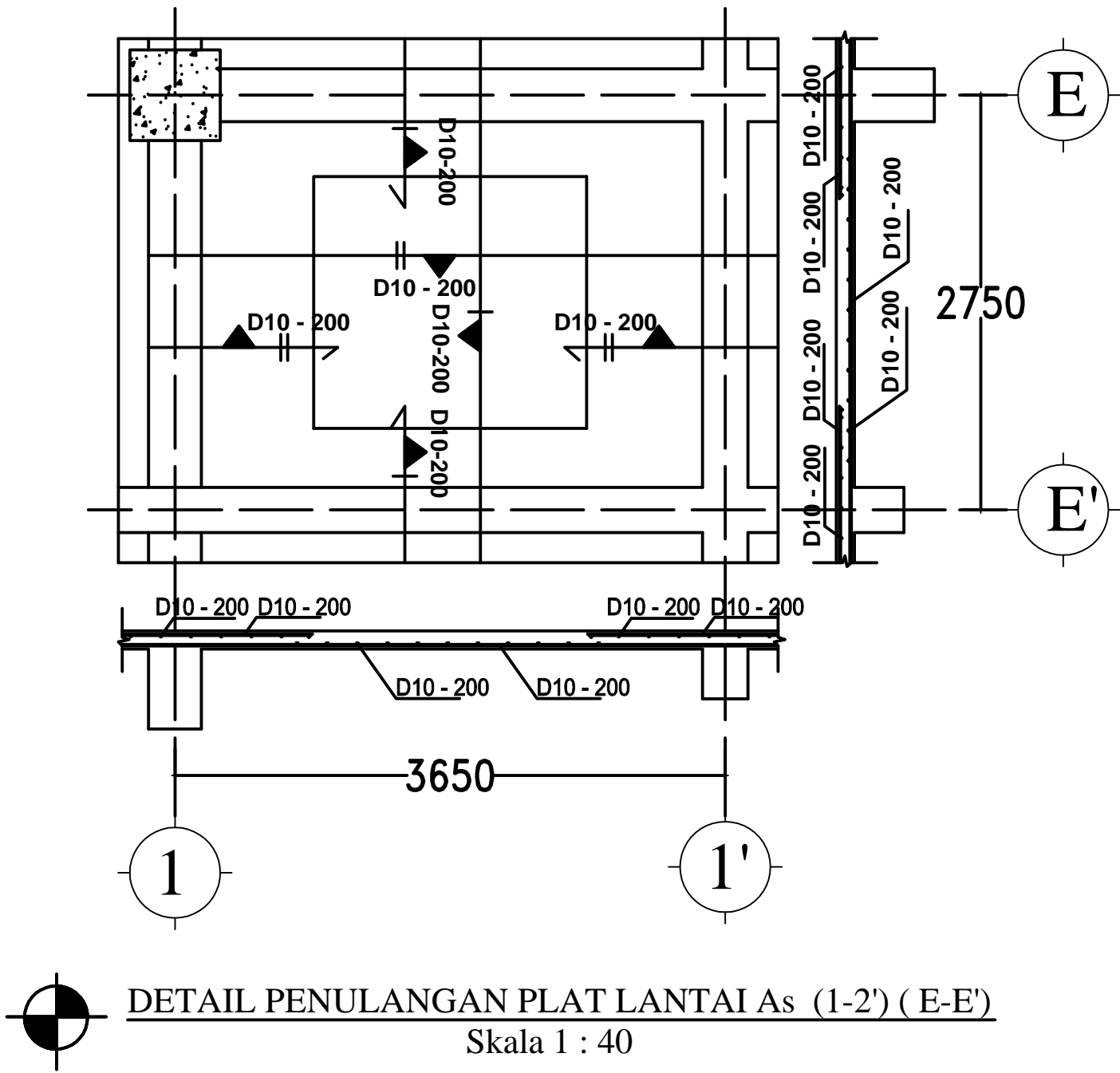
Eddo Bagus Ardiansyah
3113 041 016

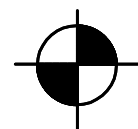
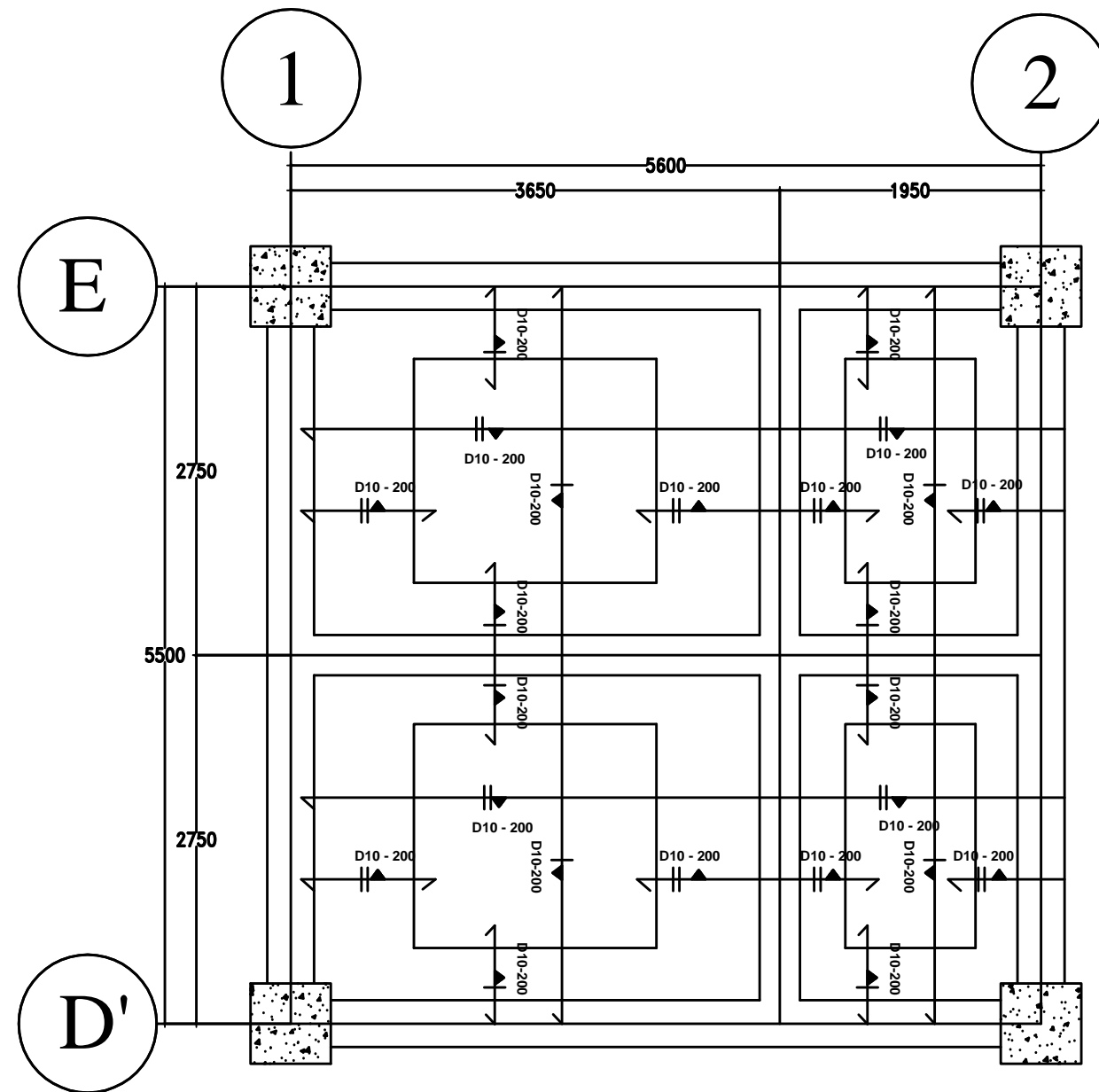
KODE GMBR

NO. LMBR

STR

23





DETAIL PENULANGAN PLAT LANTAI AS (E-D') (7-8)
SKALA 1 : 50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

TUGAS

PROYEK AKHIR TERAPAN

JUDUL

DESAIN STRUKTUR GEDUNG
HOLLAND PARK CONDOTEL
BATU-MALANG DENGAN
MENGUNAKAN METODE DUAL
SYSTEM DAN METODE
PELAKSANAAN PEKERJAAN
BALOK DAN PLAT

NAMA GAMBAR & SKALA

- DETAIL PENULANGAN
PLAT LANTAI AS (E-D') (7-8)

1 : 50

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Boedi Wibowo, CES.
NIP. 19530424 198203 1 002

Afif Navir Refani ST.,MT.
NIP. 19840919 2015041 001

MAHASISWA

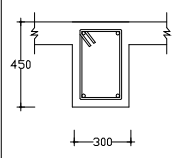
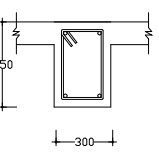
Eddo Bagus Ardiansyah
3113 041 016

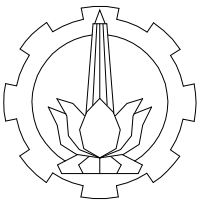
KODE GMBR

NO. LMBR

STR

24

TYPE BALOK	BALOK LIFT (BL)	
	TUMPUAN	LAPANGAN
		
	SELIMUT BETON = 40 mm	
DIMENSI	300 mm x 450 mm	
TUL. ATAS	2D 19	2D 19
TUL. BAWAH	2D 19	2D 19
TUL. TENGAH	-	-
TUL. SENGKANG	2D10 - 120	2D10 - 150



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

TUGAS

PROYEK AKHIR TERAPAN

JUDUL

DESAIN STRUKTUR GEDUNG
HOLLAND PARK CONDOTEL
BATU-MALANG DENGAN
MENGUNAKAN METODE DUAL
SYSTEM DAN METODE
PELAKSANAAN PEKERJAAN
BALOK DAN PLAT

NAMA GAMBAR & SKALA

- DETAIL PENULANGAN
BALOK LIFT
1 : 20

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Boedi Wibowo, CES.
NIP. 19530424 198203 1 002

Afif Navir Refani ST.,MT.
NIP. 19840919 2015041 001

MAHASISWA

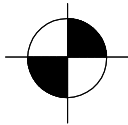
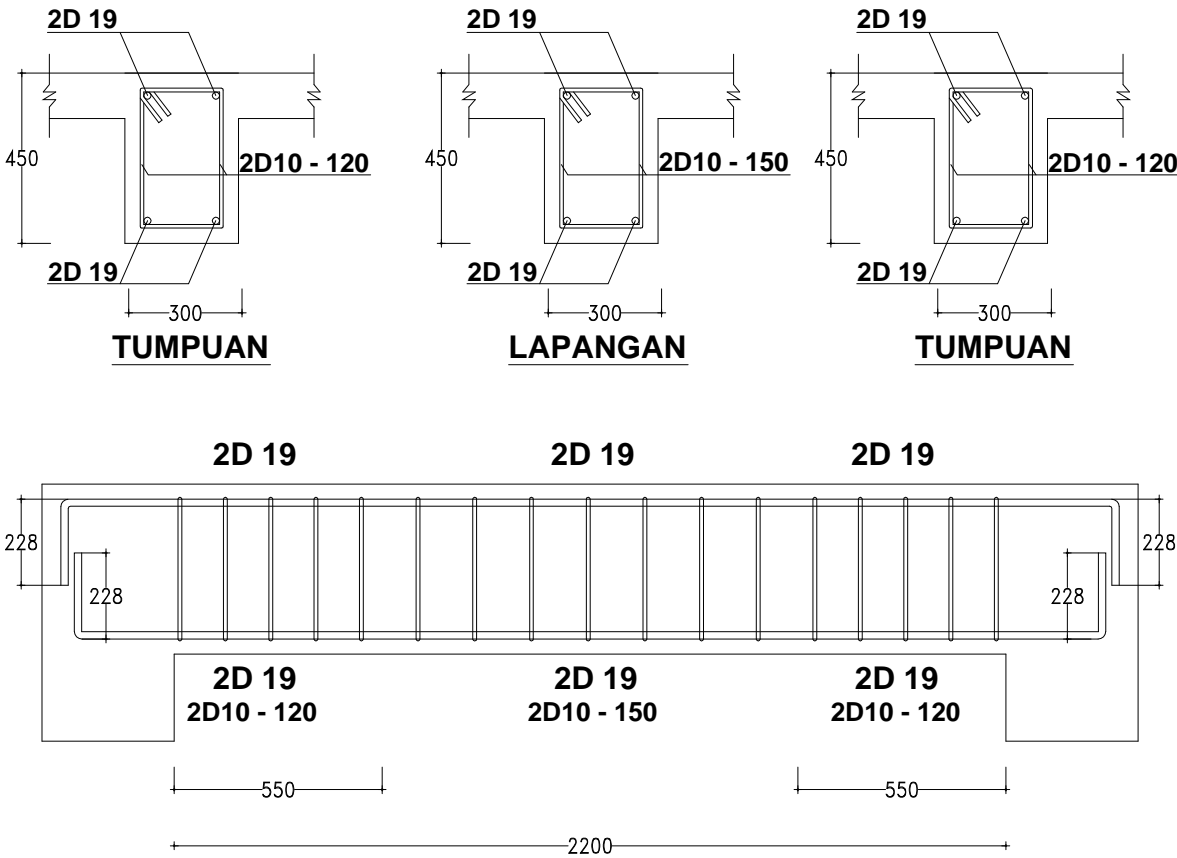
Eddo Bagus Ardiansyah
3113 041 016

KODE GMBR

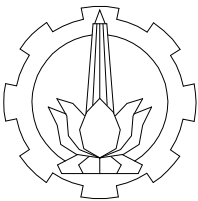
NO. LMBR

STR

25



DETAIL PENULANGAN BALOK LIFT
Skala 1 : 20



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

TUGAS

PROYEK AKHIR TERAPAN

JUDUL

DESAIN STRUKTUR GEDUNG
HOLLAND PARK CONDOTEL
BATU-MALANG DENGAN
MENGUNAKAN METODE DUAL
SYSTEM DAN METODE
PELAKSANAAN PEKERJAAN
BALOK DAN PLAT

NAMA GAMBAR & SKALA

- DETAIL PENULANGAN
BALOK ANAK AS C' (7-8)
1 : 20

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Boedi Wibowo, CES.
NIP. 19530424 198203 1 002

Afif Navir Refani ST.,MT.
NIP. 19840919 2015041 001

MAHASISWA

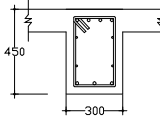
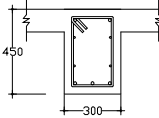
Eddo Bagus Ardiansyah
3113 041 016

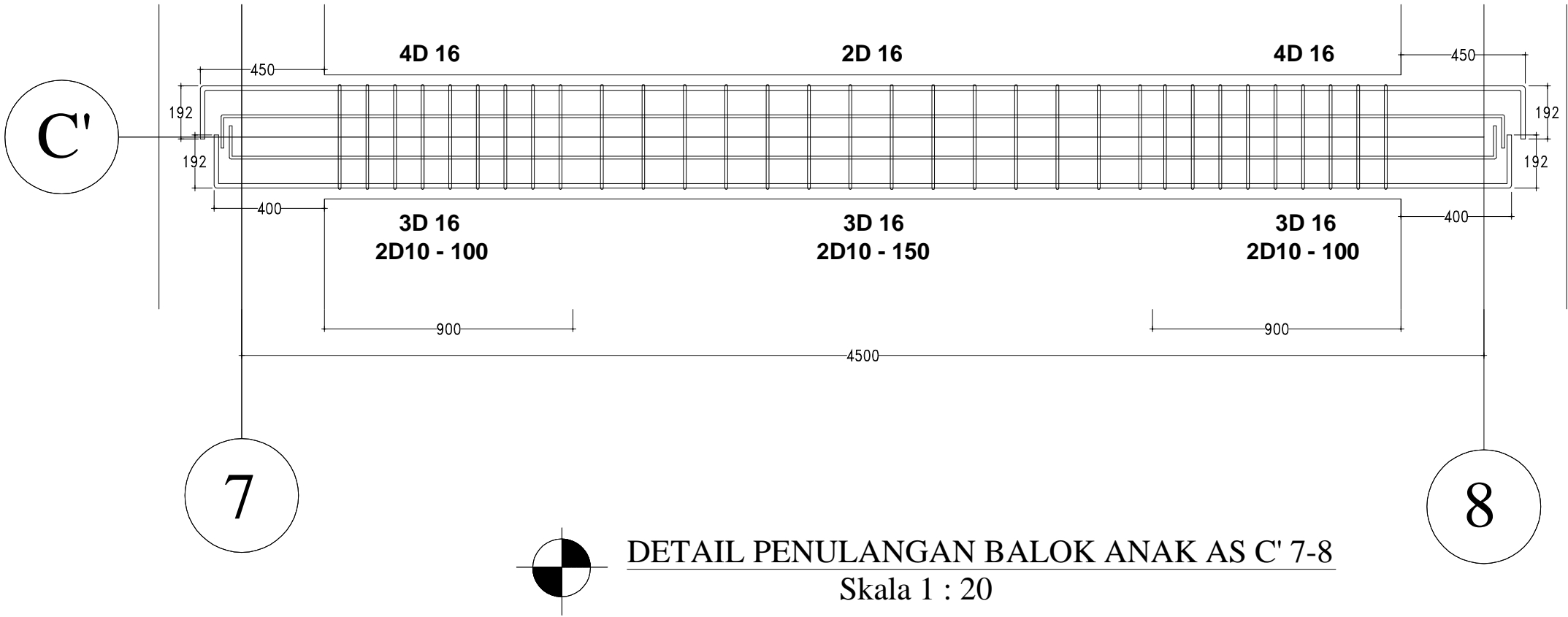
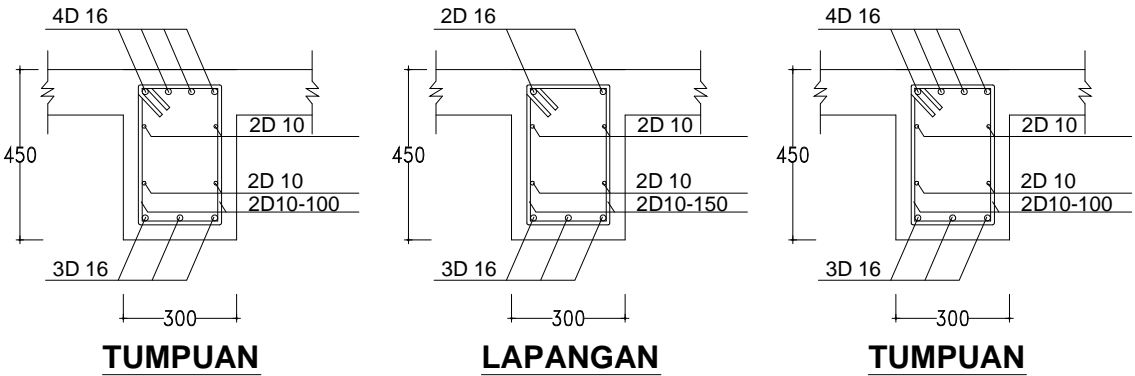
KODE GMBR

NO. LMBR

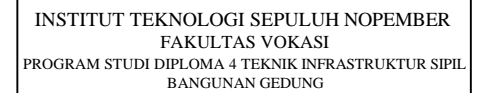
STR

26

TYPE BALOK	BALOK ANAK (BA)	
	TUMPUAN	LAPANGAN
		
	SELIMUT BETON = 40 mm	
DIMENSI	300 mm x 40 mm	
TUL. ATAS	4D 16	2D 16
TUL. BAWAH	3D 16	3D 16
TUL. TENGAH	2D 10	2D 10
TUL. SENGKANG	2D10 - 100	2D10 - 150



DETAIL PENULANGAN BALOK ANAK AS C' 7-8
Skala 1 : 20



TUGAS

PROYEK AKHIR TERAPAN

JUDUL

DESAIN STRUKTUR GEDUNG
HOLLAND PARK CONDOTEL
BATU-MALANG DENGAN
MENGUNAKAN METODE DUAL
SYSTEM DAN METODE
PELAKSANAAN PEKERJAAN
BALOK DAN PELAT

NAMA GAMBAR & SKALA

- DENAH TANGGA TYPE 1
- DENAH TANGGA TYPE 2

1 : 50

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Boedi Wibowo, CES.
NIP. 19530424 198203 1 002

Afif Navir Refani ST.,MT.
NIP. 19840919 2015041 001

MAHASISWA

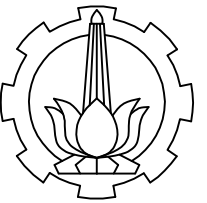
Eddo Bagus Ardiansyah
3113 041 016

KODE GMBR

NO. LMBR

STR

27



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

TUGAS

PROYEK AKHIR TERAPAN

JUDUL

DESAIN STRUKTUR GEDUNG
HOLLAND PARK CONDOTEL
BATU-MALANG DENGAN
MENGUNAKAN METODE DUAL
SYSTEM DAN METODE
PELAKSANAAN PEKERJAAN
BALOK DAN PELAT

NAMA GAMBAR & SKALA

- DENAH TANGGA TYPE 3
- DENAH TANGGA TYPE 4

1 : 50

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Boedi Wibowo, CES.
NIP. 19530424 198203 1 002

Afif Navir Refani ST.,MT.
NIP. 19840919 2015041 001

MAHASISWA

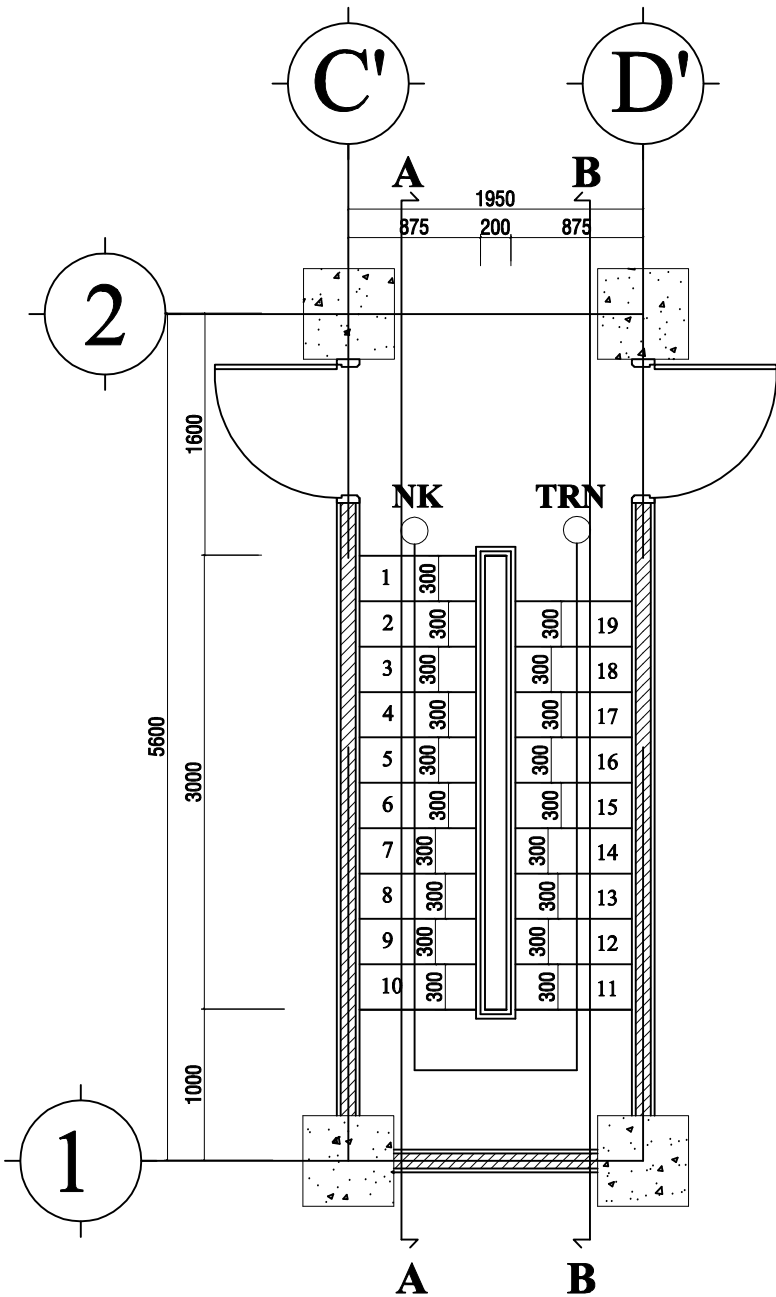
Eddo Bagus Ardiansyah
3113 041 016

KODE GMBR

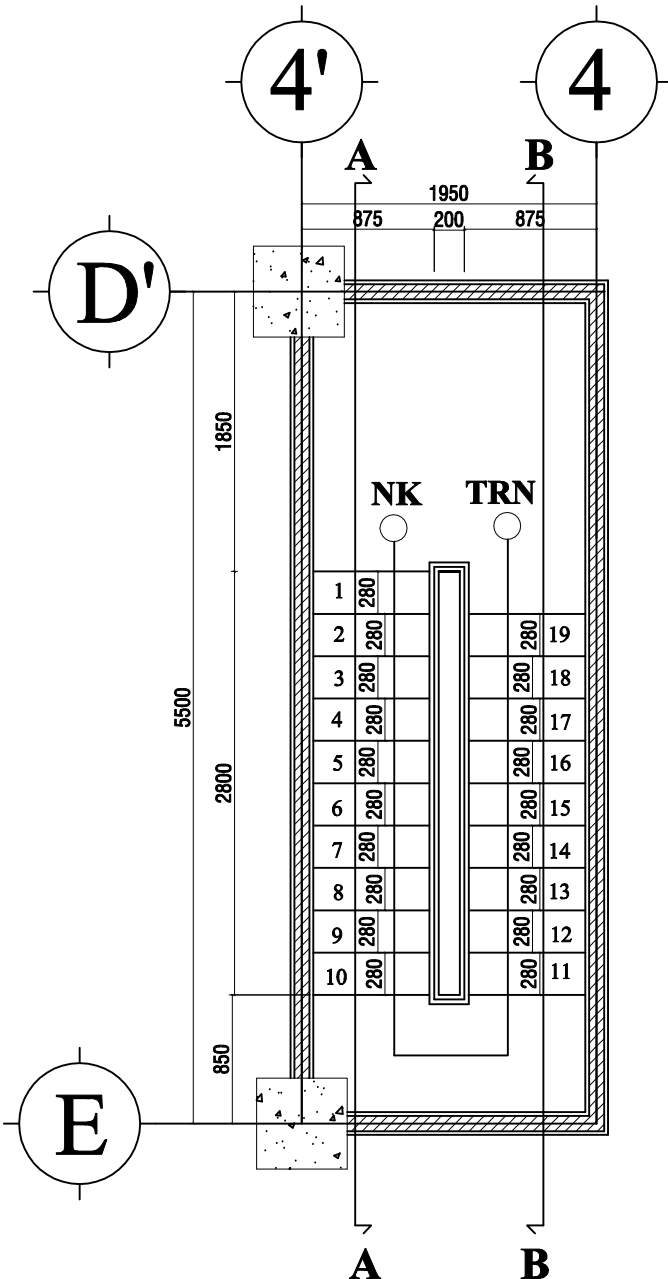
NO. LMBR

STR

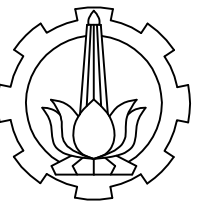
28



DENAH TANGGA TYPE 3
SKALA 1 : 50



DENAH TANGGA TYPE 4
SKALA 1 : 50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

TUGAS

PROYEK AKHIR TERAPAN

JUDUL

DESAIN STRUKTUR GEDUNG
HOLLAND PARK CONDOTEL
BATU-MALANG DENGAN
MENGUNAKAN METODE DUAL
SYSTEM DAN METODE
PELAKSANAAN PEKERJAAN
BALOK DAN PELAT

NAMA GAMBAR & SKALA

- DENAH TULANGAN TANGGA
TYPE 1
- DENAH TULANGAN TANGGA
TYPE 2

1 : 50

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Boedi Wibowo, CES.
NIP. 19530424 198203 1 002

Afif Navir Refani ST.,MT.
NIP. 19840919 2015041 001

MAHASISWA

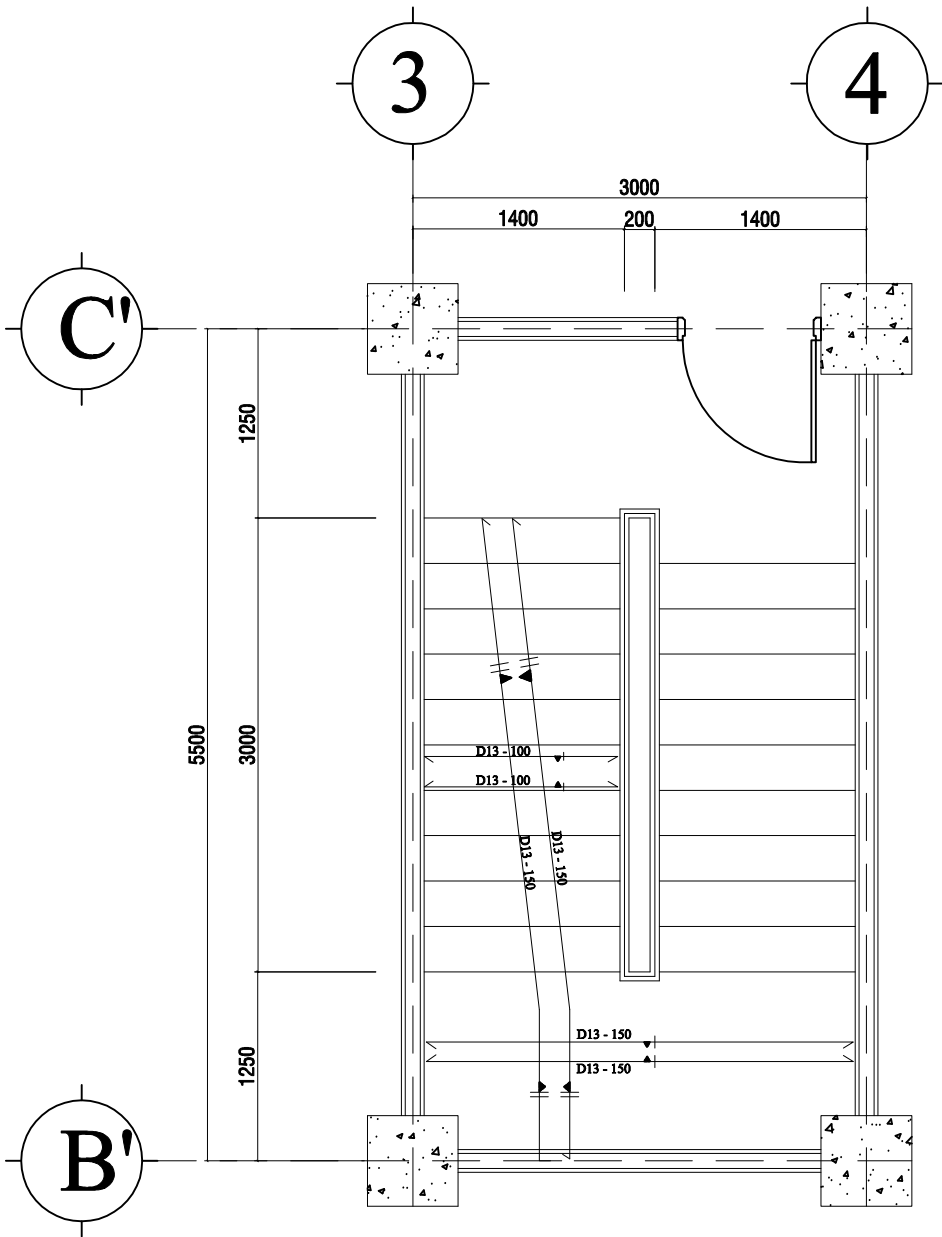
Eddo Bagus Ardiansyah
3113 041 016

KODE GMBR

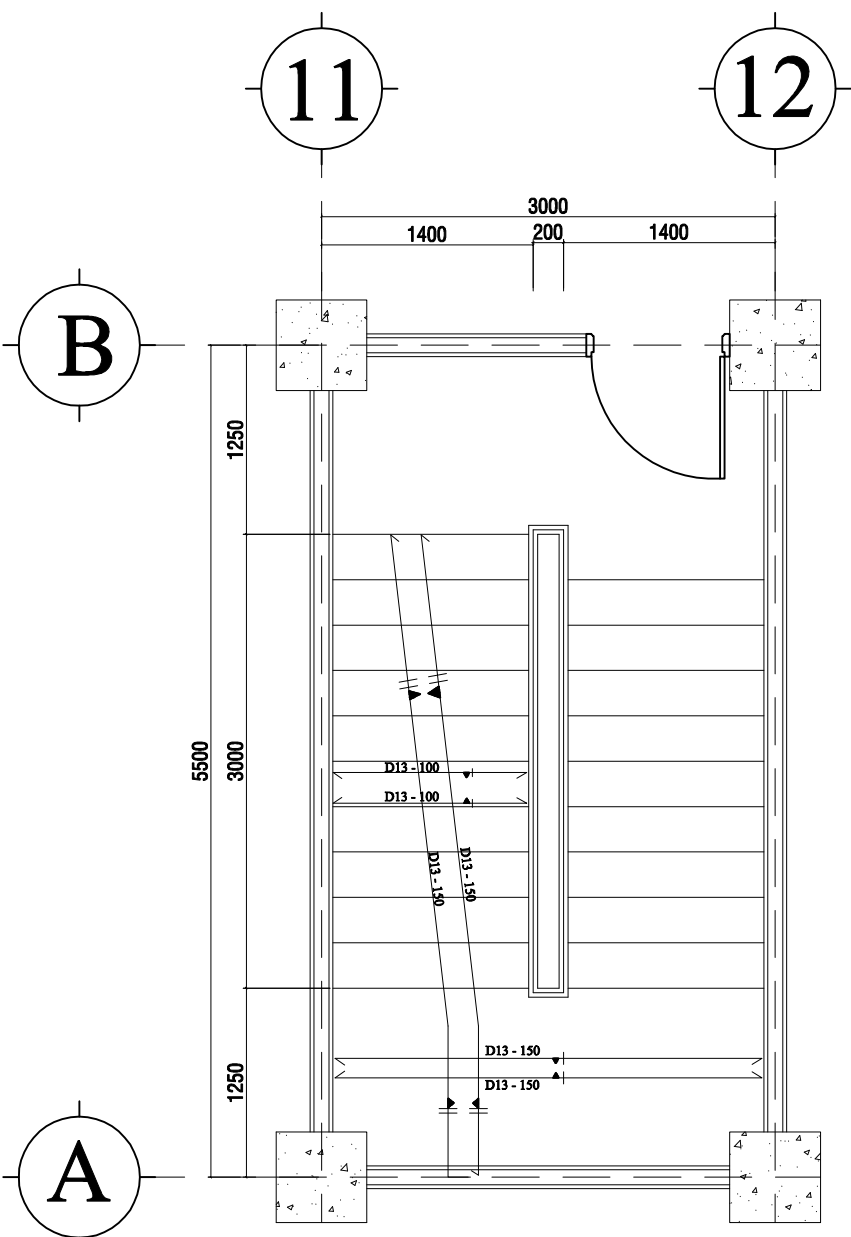
NO. LMBR

STR

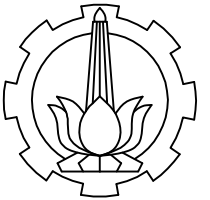
29



DENAH TULANGAN TANGGA TYPE 1
SKALA 1 : 50



DENAH TULANGAN TANGGA TYPE 2
SKALA 1 : 50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

TUGAS

PROYEK AKHIR TERAPAN

JUDUL

DESAIN STRUKTUR GEDUNG
HOLLAND PARK CONDOTEL
BATU-MALANG DENGAN
MENGUNAKAN METODE DUAL
SYSTEM DAN METODE
PELAKSANAAN PEKERJAAN
BALOK DAN PELAT

NAMA GAMBAR & SKALA

- DENAH TULANGAN TANGGA
TYPE 3

- DENAH TULANGAN TANGGA
TYPE 4

1 : 50

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Boedi Wibowo, CES.
NIP. 19530424 198203 1 002

Afif Navir Refani ST.,MT.
NIP. 19840919 2015041 001

MAHASISWA

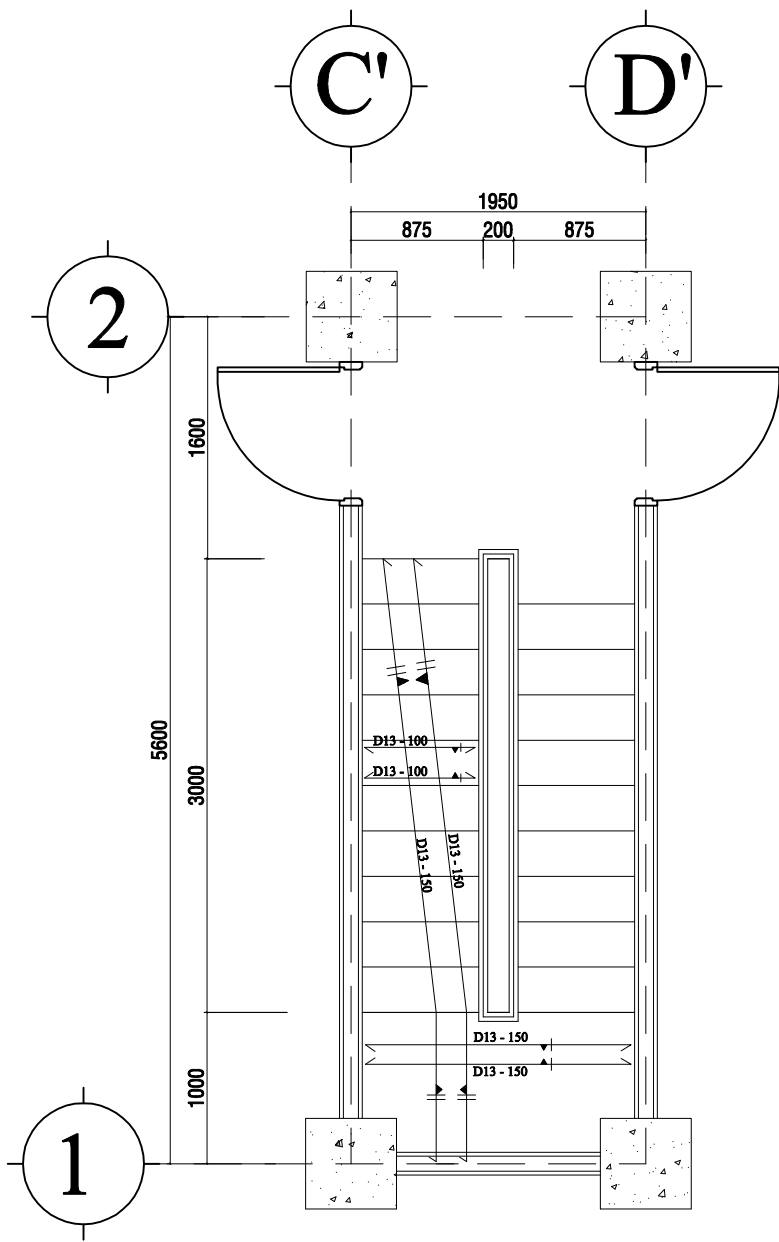
Eddo Bagus Ardiansyah
3113 041 016

KODE GMBR

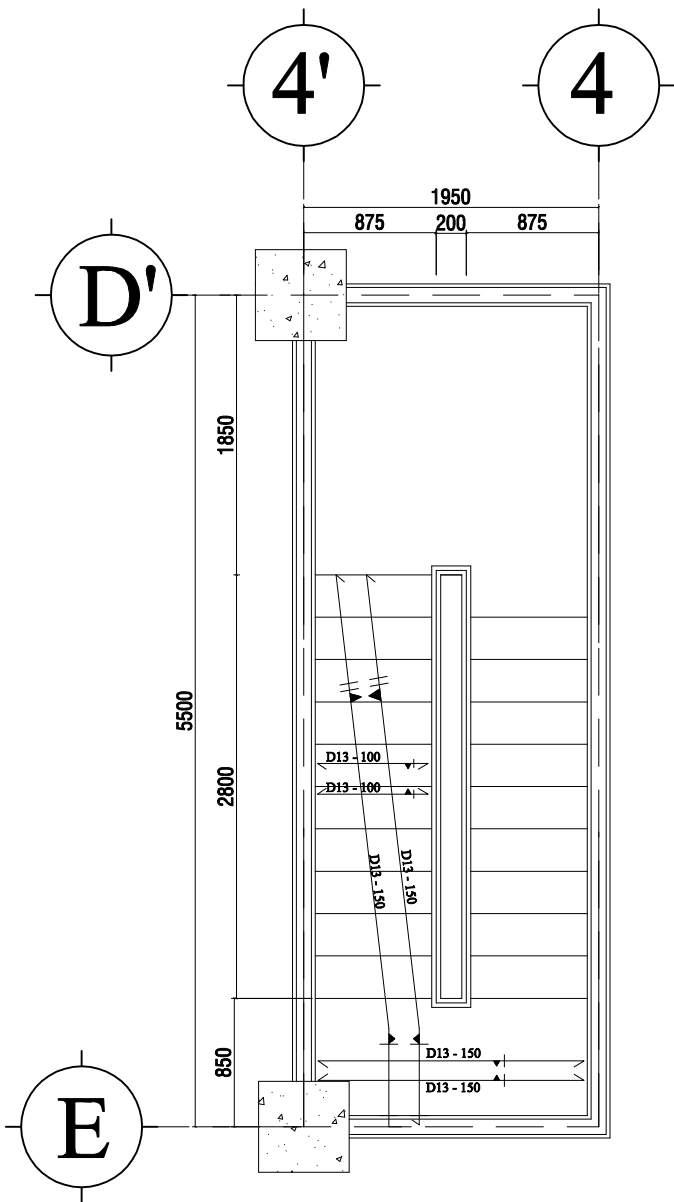
NO. LMBR

STR

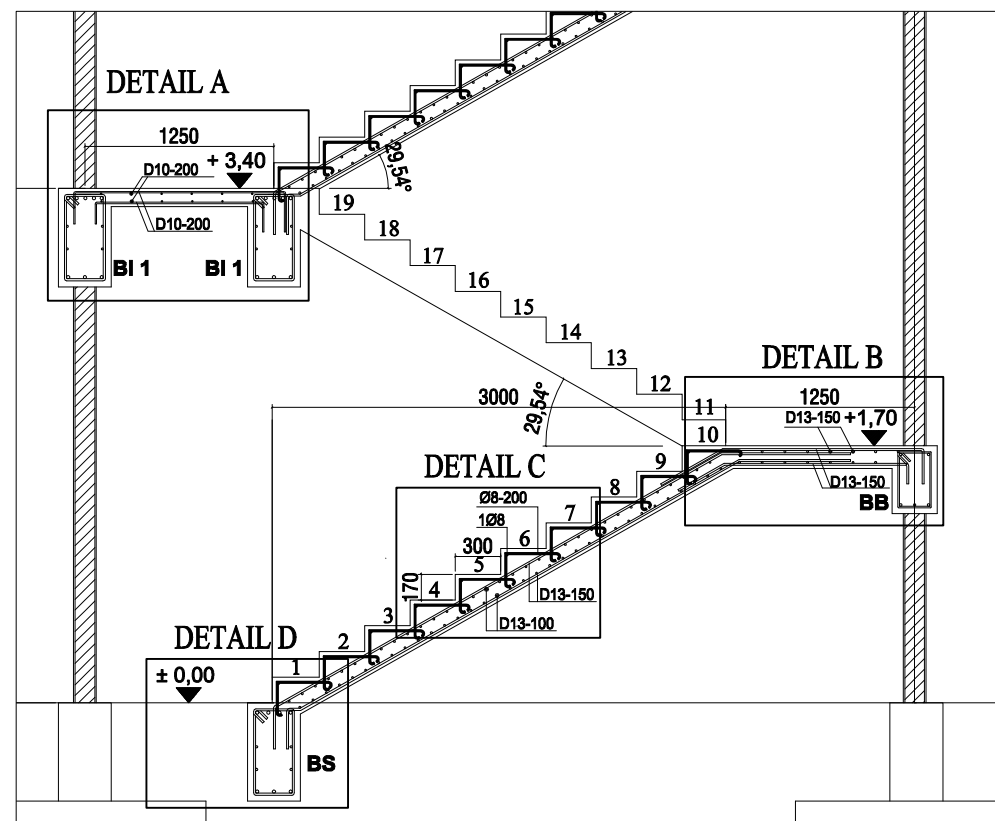
30



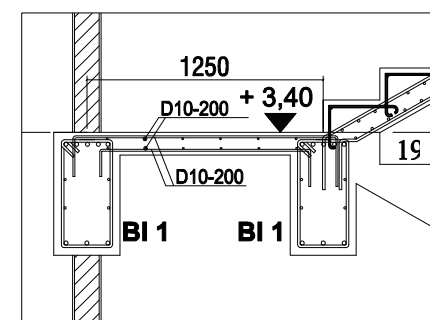
DENAH TULANGAN TANGGA TYPE 3
SKALA 1 : 50



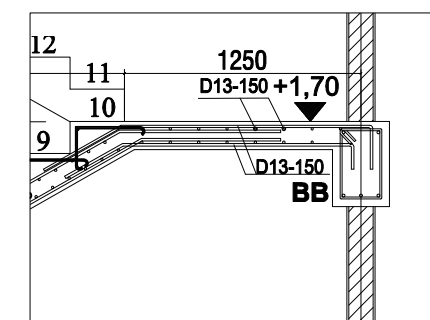
DENAH TULANGAN TANGGA TYPE 4
SKALA 1 : 50



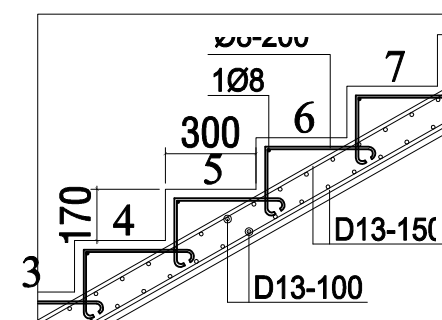
TANGGA TYPE 1 POTONGAN A-A
SKALA 1 : 50



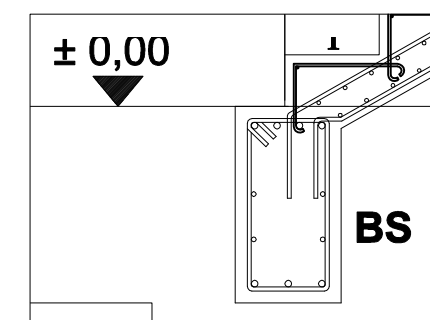
DETAIL A
SKALA 1 : 40



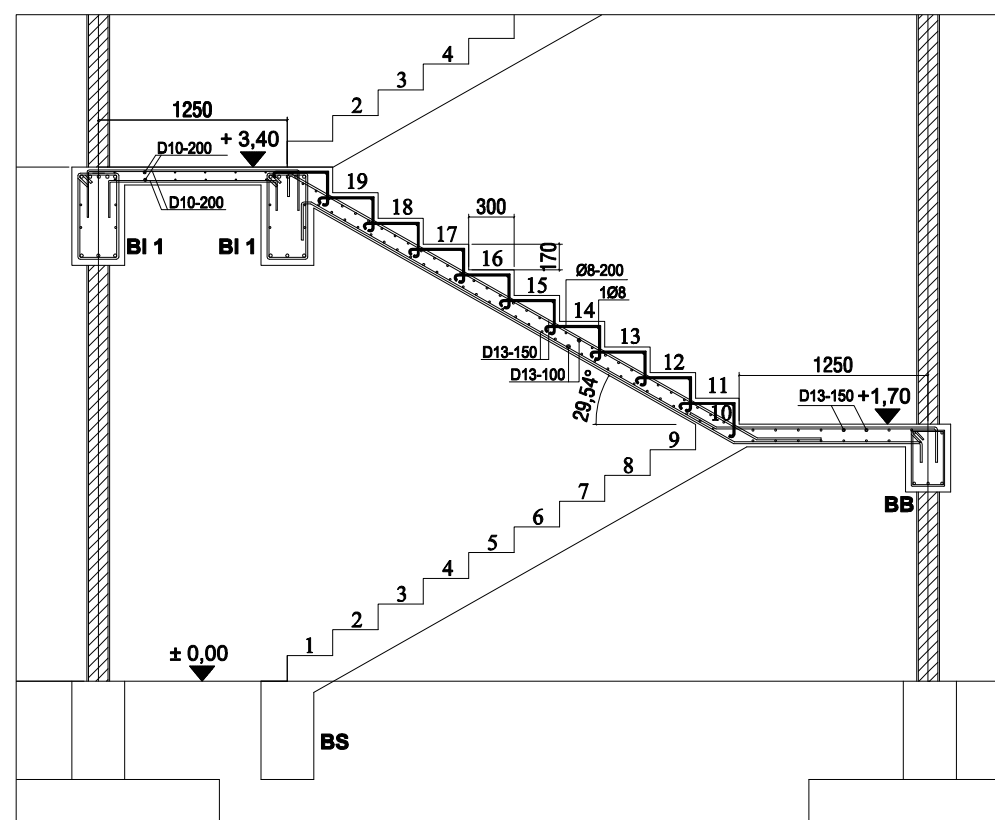
DETAIL B
SKALA 1 : 40



DETAIL C
SKALA 1 : 25



DETAIL D
SKALA 1 : 25



TANGGA TYPE 1 POTONGAN B-B
SKALA 1 : 50

TYPE BALOK	BALOK BORDES (BB)	
	TUMPUAN	LAPANGAN
	<p>SELIMUT BETON = 40 mm</p>	<p>SELIMUT BETON = 40 mm</p>
DIMENSI	300 mm x 450 mm	
TUL. ATAS	3D 19	2D 19
TUL. BAWAH	3D 19	3D 19
TUL. TENGAH	2D 10	2D 10
TUL. SENGKANG	2D10 - 100	2D10 - 100

DETAIL BALOK BORDES
SKALA 1 : 20



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

TUGAS

PROYEK AKHIR TERAPAN

JUDUL

DESAIN STRUKTUR GEDUNG
HOLLAND PARK CONDOTEL
BATU-MALANG DENGAN
MENGUNAKAN METODE DUAL
SYSTEM DAN METODE
PELAKSANAAN PEKERJAAN
BALOK DAN PELAT

NAMA GAMBAR & SKALA

- DETAIL TANGGA TYPE 1
- DETAIL BALOK BORDES

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Boedi Wibowo, CES.
NIP. 19530424 198203 1 002

Afif Navir Refani ST.,MT.
NIP. 19840919 2015041 001

MAHASISWA

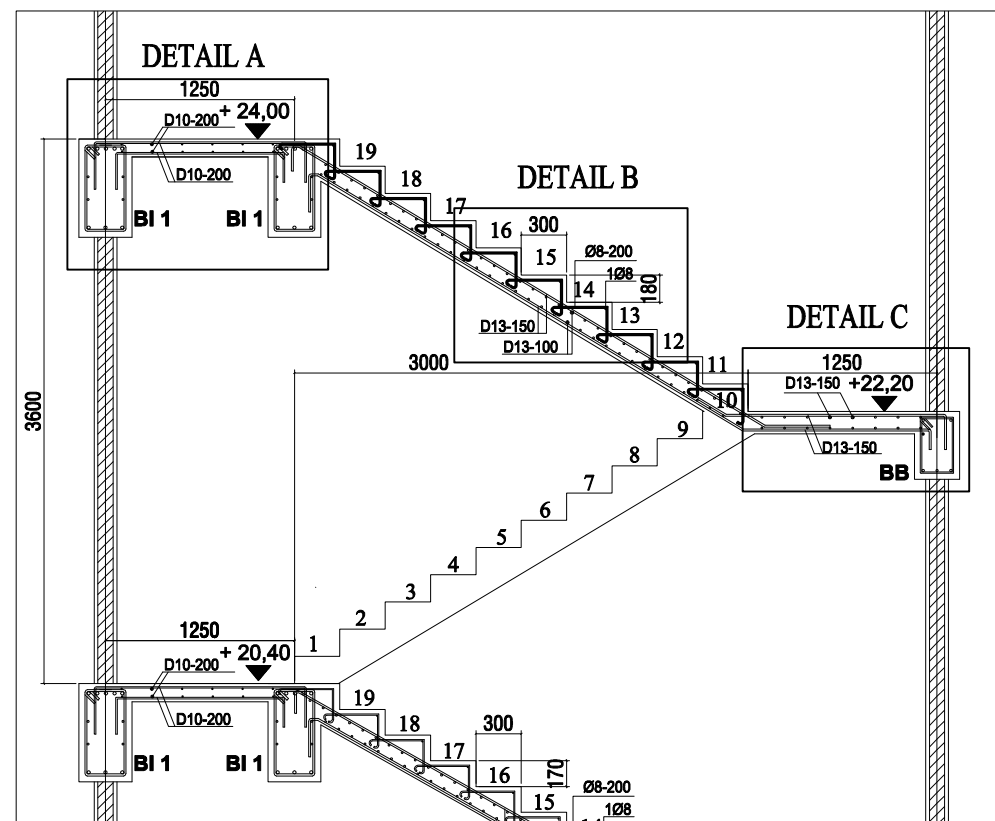
Eddo Bagus Ardiansyah
3113 041 016

KODE GMBR

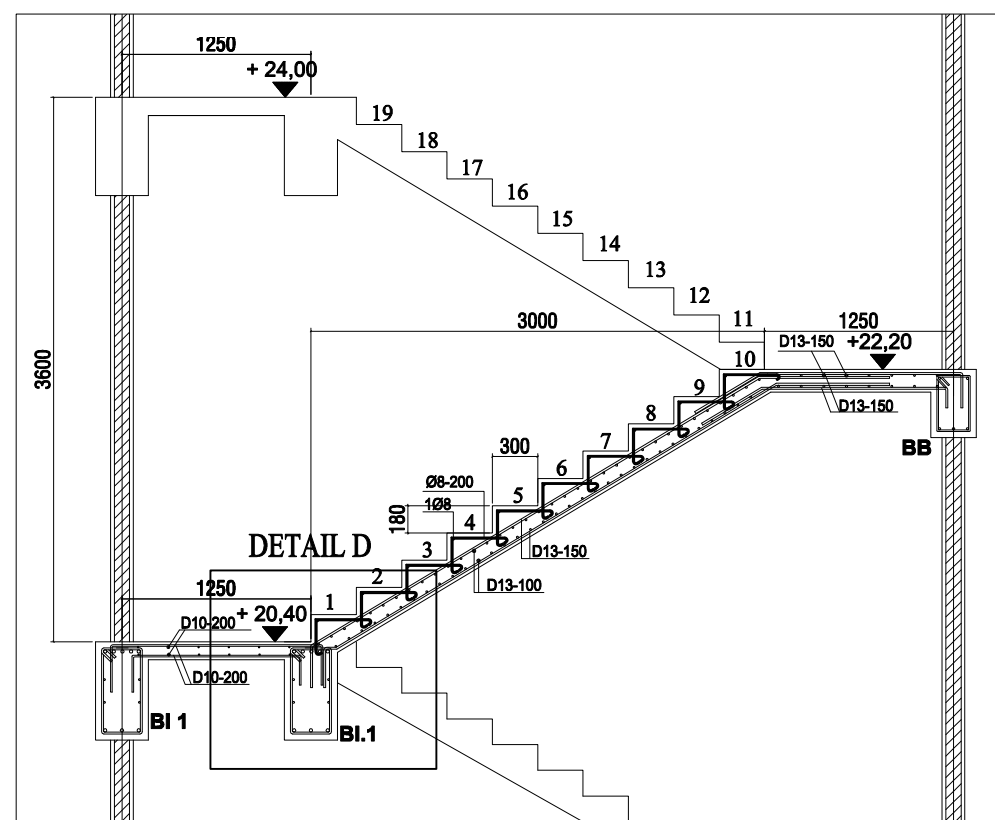
NO. LMBR

STR

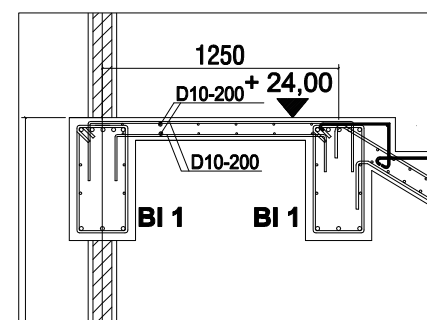
31



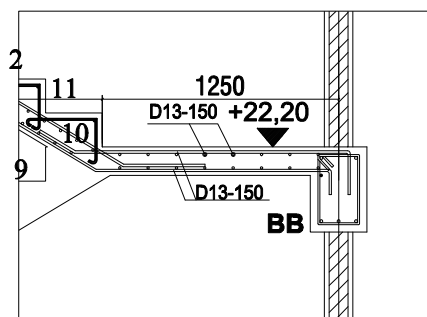
TANGGA TYPE 2 POTONGAN A-A
SKALA 1 : 50



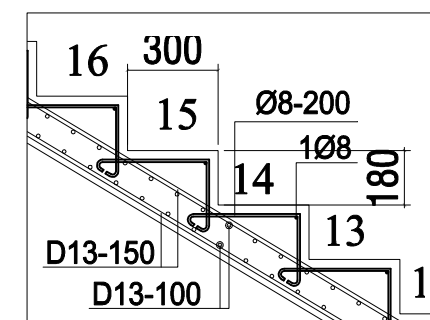
TANGGA TYPE 2 POTONGAN B-B
SKALA 1 : 50



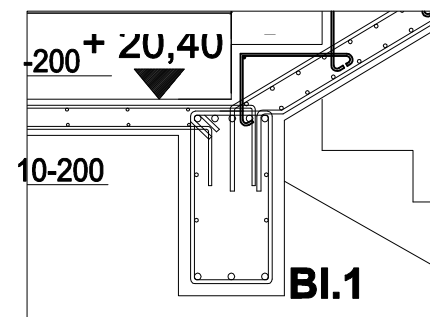
DETAIL A
SKALA 1 : 40



DETAIL C
SKALA 1 : 40



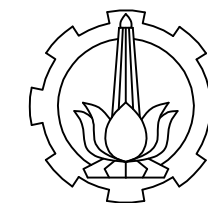
DETAIL B
SKALA 1 : 25



DETAIL D
SKALA 1 : 25

TYPE BALOK	BALOK BORDES (BB)	
	TUMPUAN	LAPANGAN
	<p>SELIMUT BETON = 40 mm</p>	<p>SELIMUT BETON = 40 mm</p>
DIMENSI	300 mm x 450 mm	
TUL. ATAS	3D 19	2D 19
TUL. BAWAH	3D 19	3D 19
TUL. TENGAH	2D 10	2D 10
TUL. SENGKANG	2D10 - 100	2D10 - 100

DETAIL BALOK BORDES
SKALA 1 : 20



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

TUGAS

PROYEK AKHIR TERAPAN

JUDUL

DESAIN STRUKTUR GEDUNG
HOLLAND PARK CONDOTEL
BATU-MALANG DENGAN
MENGUNAKAN METODE DUAL
SYSTEM DAN METODE
PELAKSANAAN PEKERJAAN
BALOK DAN PELAT

NAMA GAMBAR & SKALA

- DETAIL TANGGA TYPE 2
- DETAIL BALOK BORDES

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Boedi Wibowo, CES.
NIP. 19530424 198203 1 002

Afif Navir Refani ST.,MT.
NIP. 19840919 2015041 001

MAHASISWA

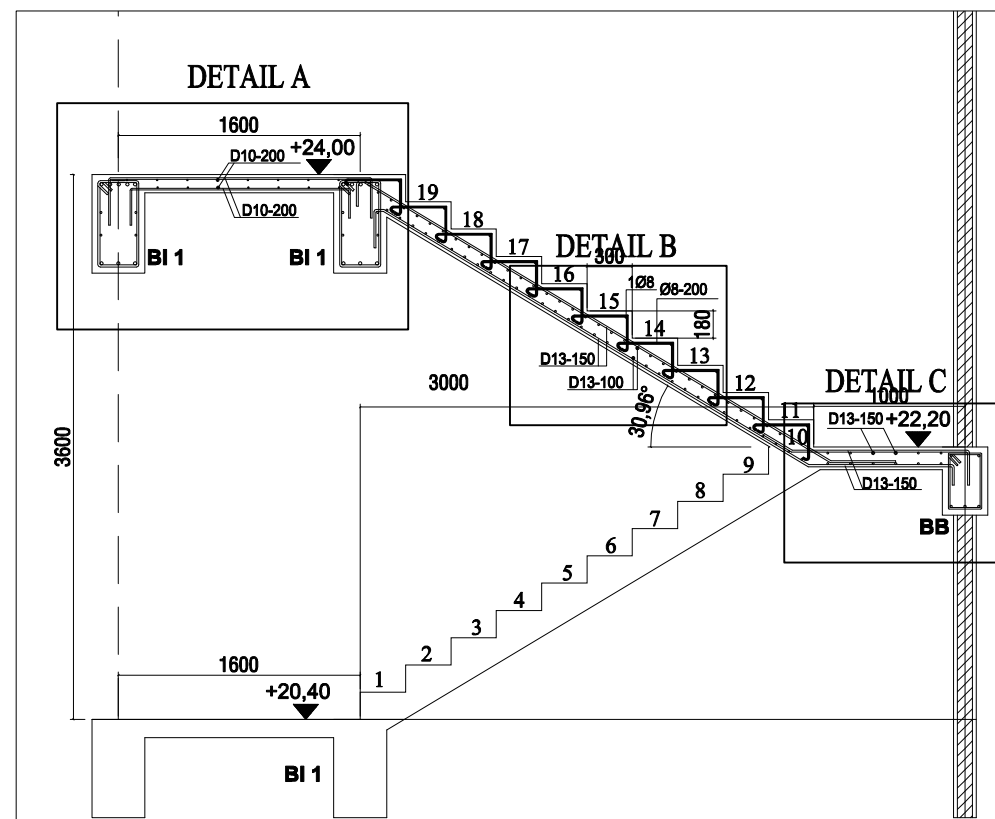
Eddo Bagus Ardiansyah
3113 041 016

KODE GMBR

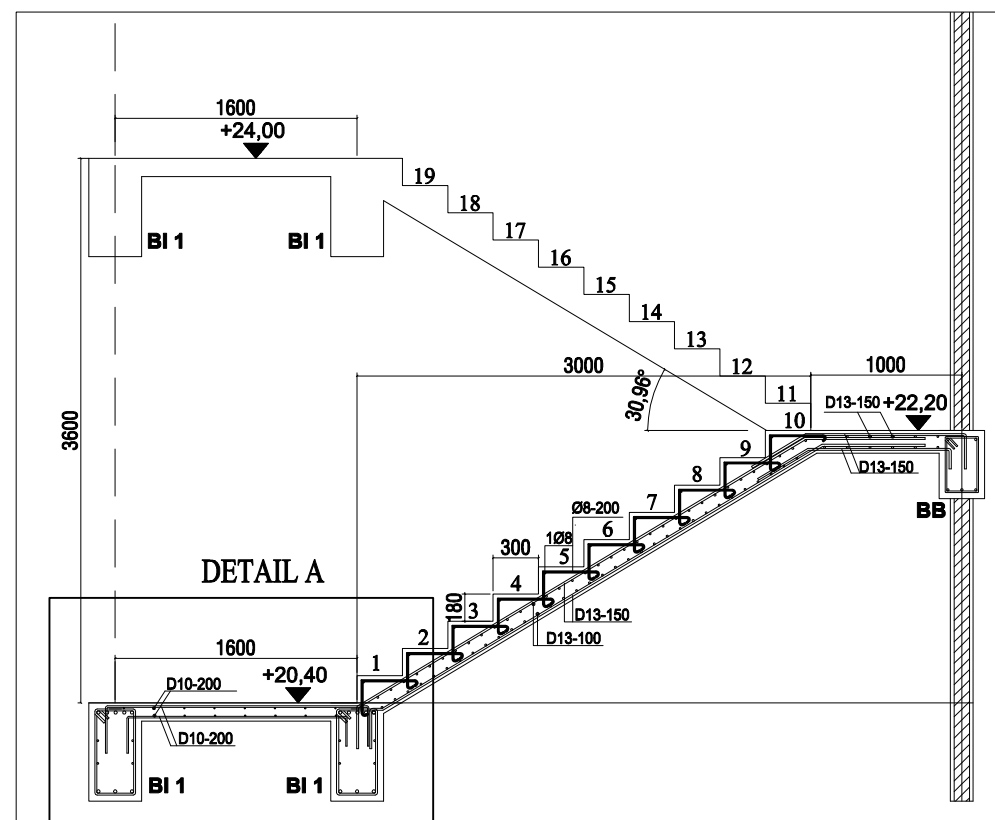
NO. LMBR

STR

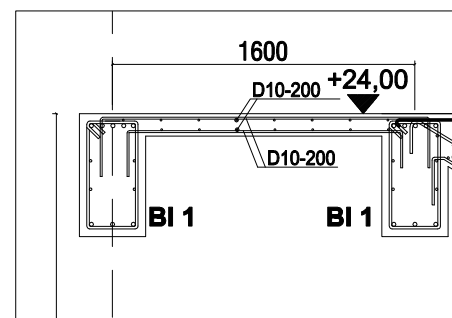
32



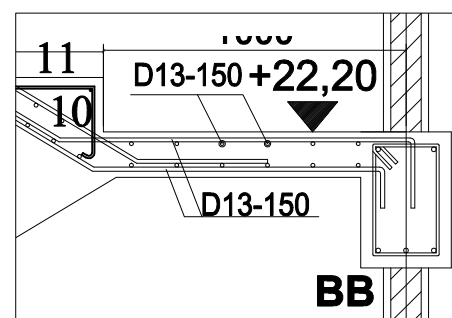
TANGGA TYPE 3 POTONGAN A-A
SKALA 1 : 50



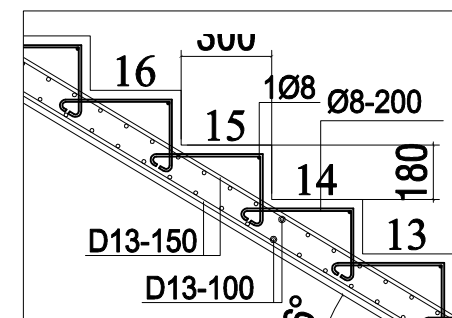
TANGGA TYPE 3 POTONGAN B-B
SKALA 1 : 50



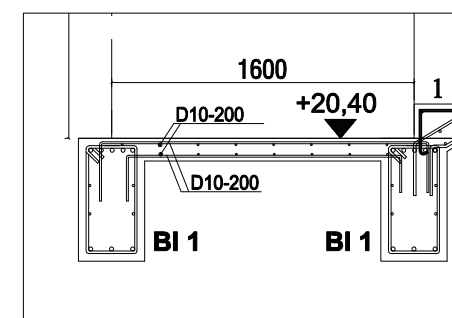
DETAIL A
SKALA 1 : 40



DETAIL C
SKALA 1 : 25



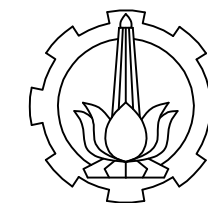
DETAIL B
SKALA 1 : 25



DETAIL D
SKALA 1 : 40

TYPE BALOK	BALOK BORDES (BB)	
	TUMPUAN	LAPANGAN
	<p>SELIMUT BETON = 40 mm</p>	<p>SELIMUT BETON = 40 mm</p>
DIMENSI	300 mm x 450 mm	
TUL. ATAS	3D 19	2D 19
TUL. BAWAH	3D 19	3D 19
TUL. TENGAH	2D 10	2D 10
TUL. SENGKANG	2D10 - 100	2D10 - 100

DETAIL BALOK BORDES
SKALA 1 : 20



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

TUGAS

PROYEK AKHIR TERAPAN

JUDUL

DESAIN STRUKTUR GEDUNG
HOLLAND PARK CONDOTEL
BATU-MALANG DENGAN
MENGUNAKAN METODE DUAL
SYSTEM DAN METODE
PELAKSANAAN PEKERJAAN
BALOK DAN PELAT

NAMA GAMBAR & SKALA

- DETAIL TANGGA TYPE 3
- DETAIL BALOK BORDES

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Boedi Wibowo, CES.
NIP. 19530424 198203 1 002

Afif Navir Refani ST.,MT.
NIP. 19840919 2015041 001

MAHASISWA

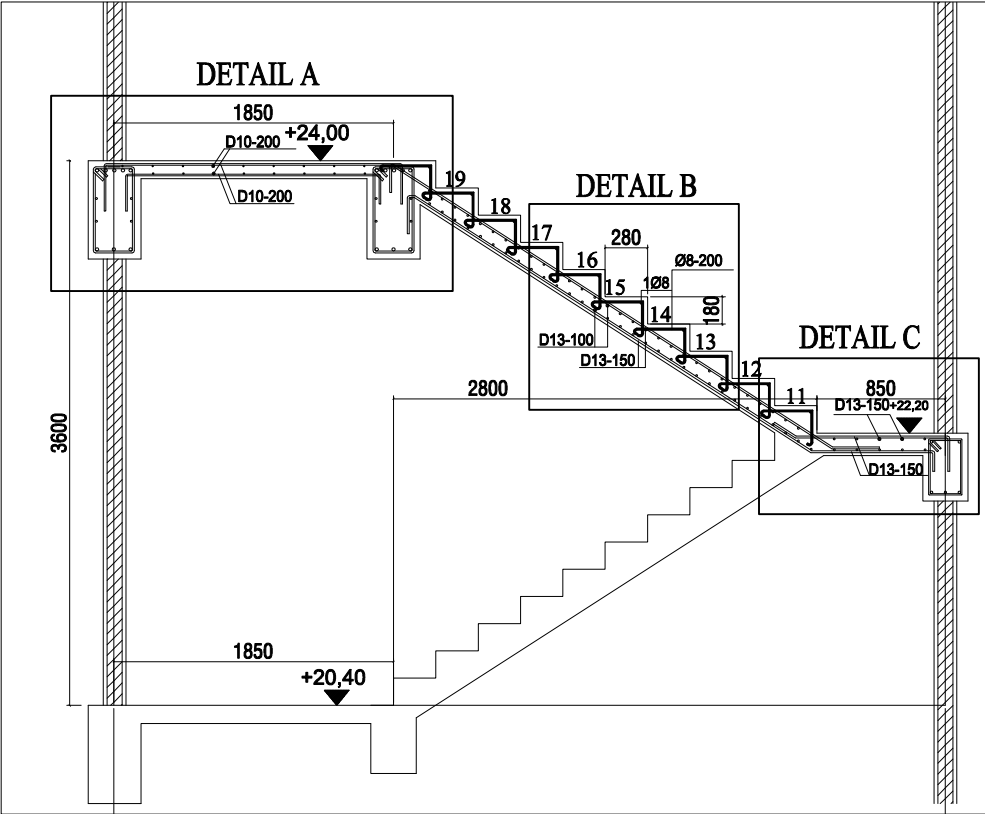
Eddo Bagus Ardiansyah
3113 041 016

KODE GMBR

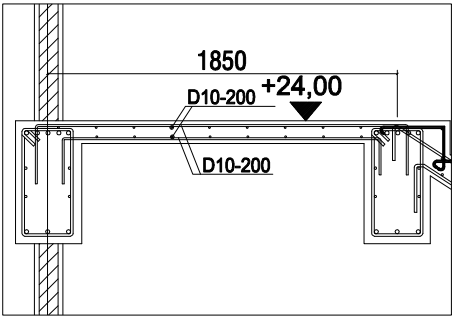
NO. LMBR

STR

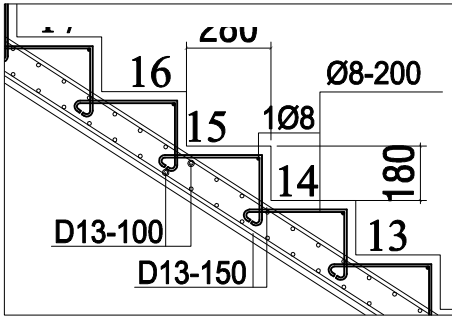
33



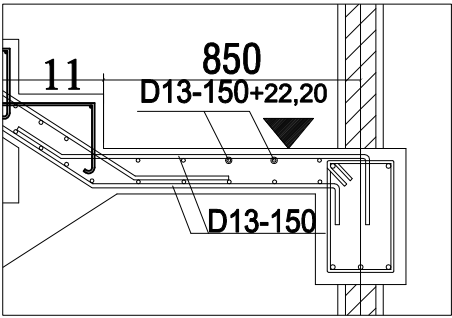
TANGGA TYPE 4 POTONGAN A-A
SKALA 1 : 50



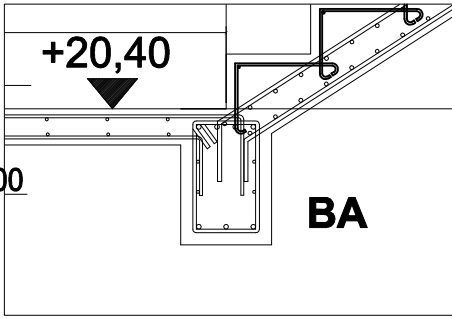
DETAIL A
SKALA 1 : 40



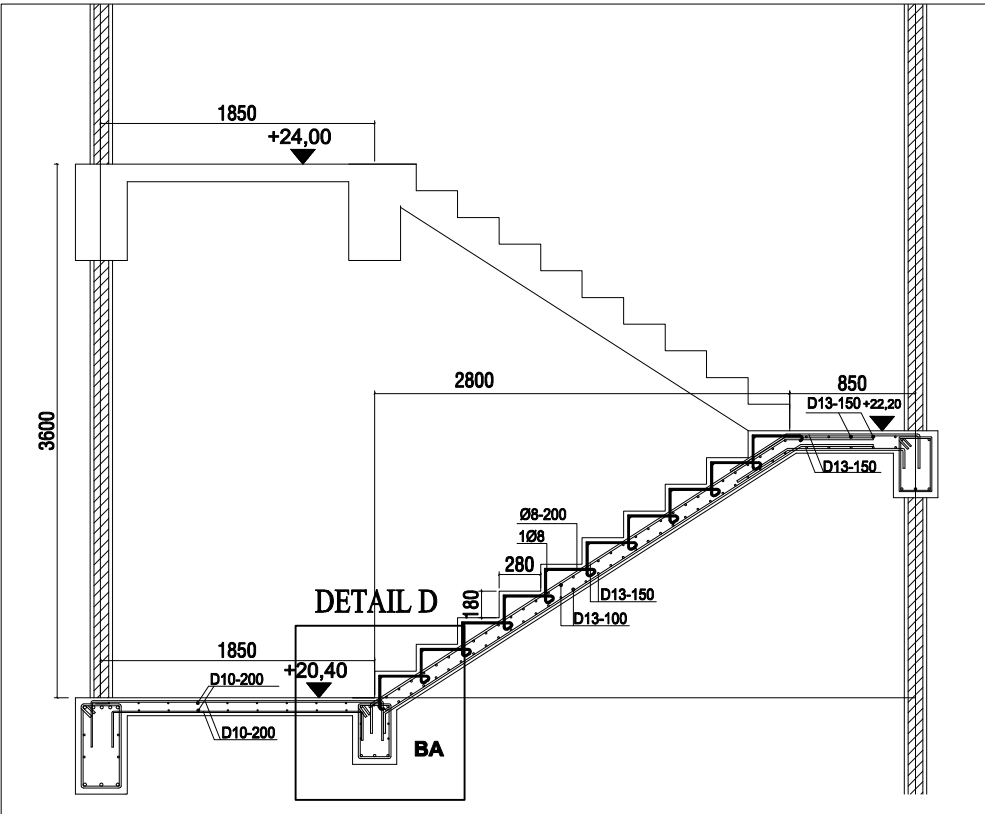
DETAIL B
SKALA 1 : 25



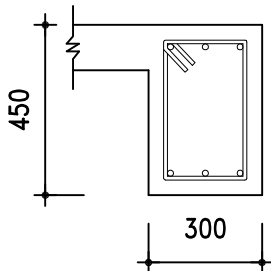
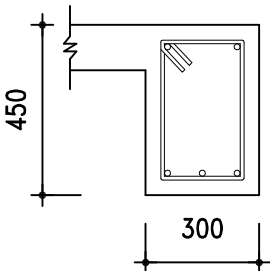
DETAIL C
SKALA 1 : 25



DETAIL D
SKALA 1 : 25



Tangga
TANGGA TYPE 4 POTONGAN B-B
SKALA 1 : 50

TYPE BALOK	BALOK BORDES (BB)	
	TUMPUAN	LAPANGAN
	 SELIMUT BETON = 40 mm	 SELIMUT BETON = 40 mm
DIMENSI	300 mm x 450 mm	
TUL. ATAS	3D 19	2D 19
TUL. BAWAH	3D 19	3D 19
TUL. TENGAH	2D 10	2D 10
TUL. SENGKANG	2D10 - 100	2D10 - 100

DETAIL BALOK BORDES
SKALA 1 : 20



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

TUGAS

PROYEK AKHIR TERAPAN

JUDUL

DESAIN STRUKTUR GEDUNG
HOLLAND PARK CONDOTEL
BATU-MALANG DENGAN
MENGUNAKAN METODE DUAL
SYSTEM DAN METODE
PELAKSANAAN PEKERJAAN
BALOK DAN PELAT

NAMA GAMBAR & SKALA

- DETAIL TANGGA TYPE 4
- DETAIL BALOK BORDES

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Boedi Wibowo, CES.
NIP. 19530424 198203 1 002
Afif Navir Refani ST.,MT.
NIP. 19840919 2015041 001

MAHASISWA

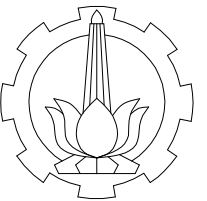
Eddo Bagus Ardiansyah
3113 041 016

KODE GMBR

NO. LMBR

STR

34



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

TUGAS

PROYEK AKHIR TERAPAN

JUDUL

DESAIN STRUKTUR GEDUNG
HOLLAND PARK CONDOTEL
BATU-MALANG DENGAN
MENGUNAKAN METODE DUAL
SYSTEM DAN METODE
PELAKSANAAN PEKERJAAN
BALOK DAN PLAT

NAMA GAMBAR & SKALA

- DETAIL PENULANGAN
BALOK AS D' (5'-6')
1 : 25

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Boedi Wibowo, CES.
NIP. 19530424 198203 1 002

Afif Navir Refani ST.,MT.
NIP. 19840919 2015041 001

MAHASISWA

Eddo Bagus Ardiansyah
3113 041 016

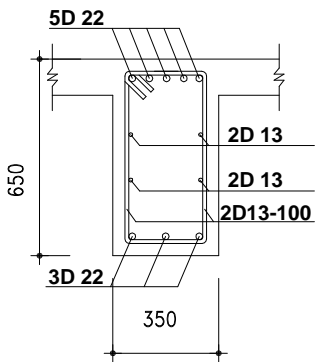
KODE GMBR

NO. LMBR

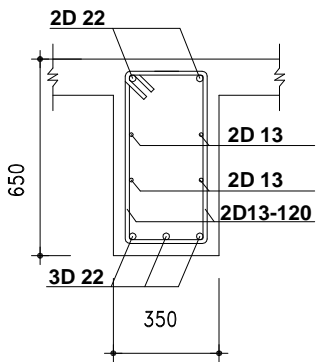
STR

35

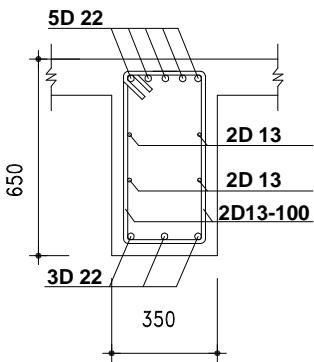
TYPE BALOK	BALOK INDUK MEMANJANG (BI 1)	
	TUMPUAN	LAPANGAN
	SELIMUT BETON = 40 mm	
DIMENSI	350 mm x 650 mm	
TUL. ATAS	5D 22	2D 22
TUL. BAWAH	3D 22	3D 22
TUL. TENGAH	2D 13	2D 13
TUL. SENGKANG	2D13 - 100	2D13 - 120



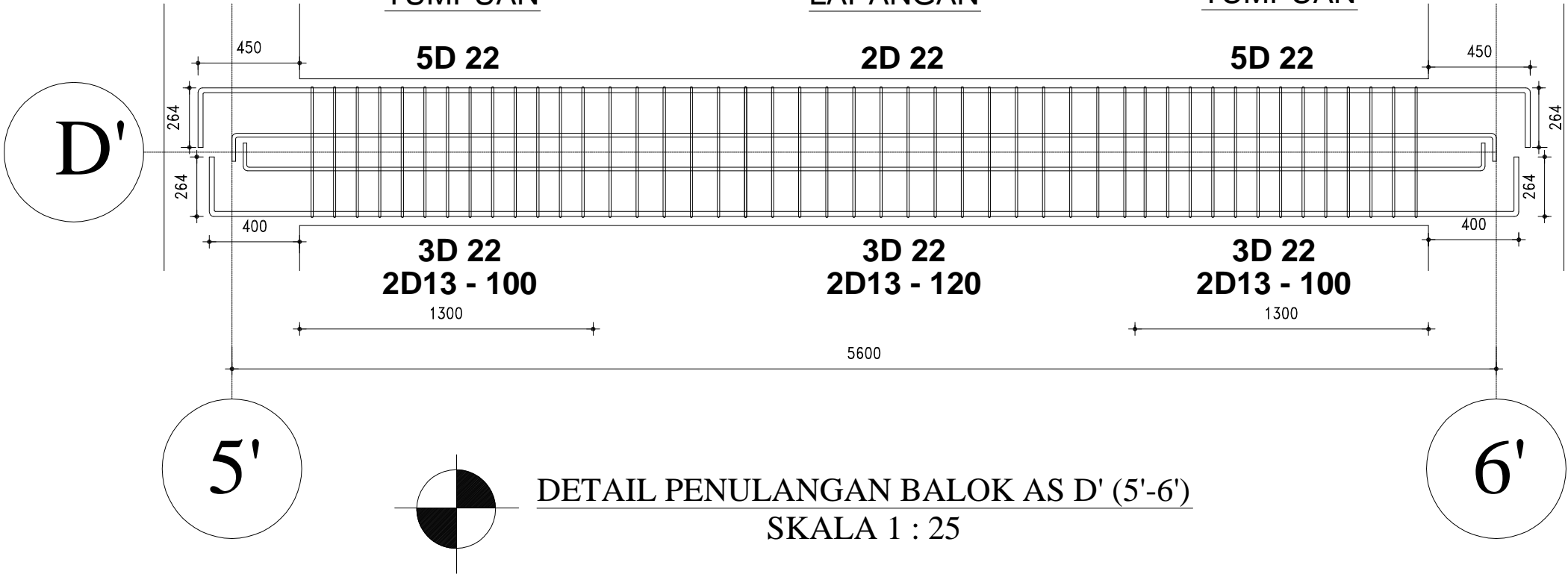
TUMPUAN



LAPANGAN

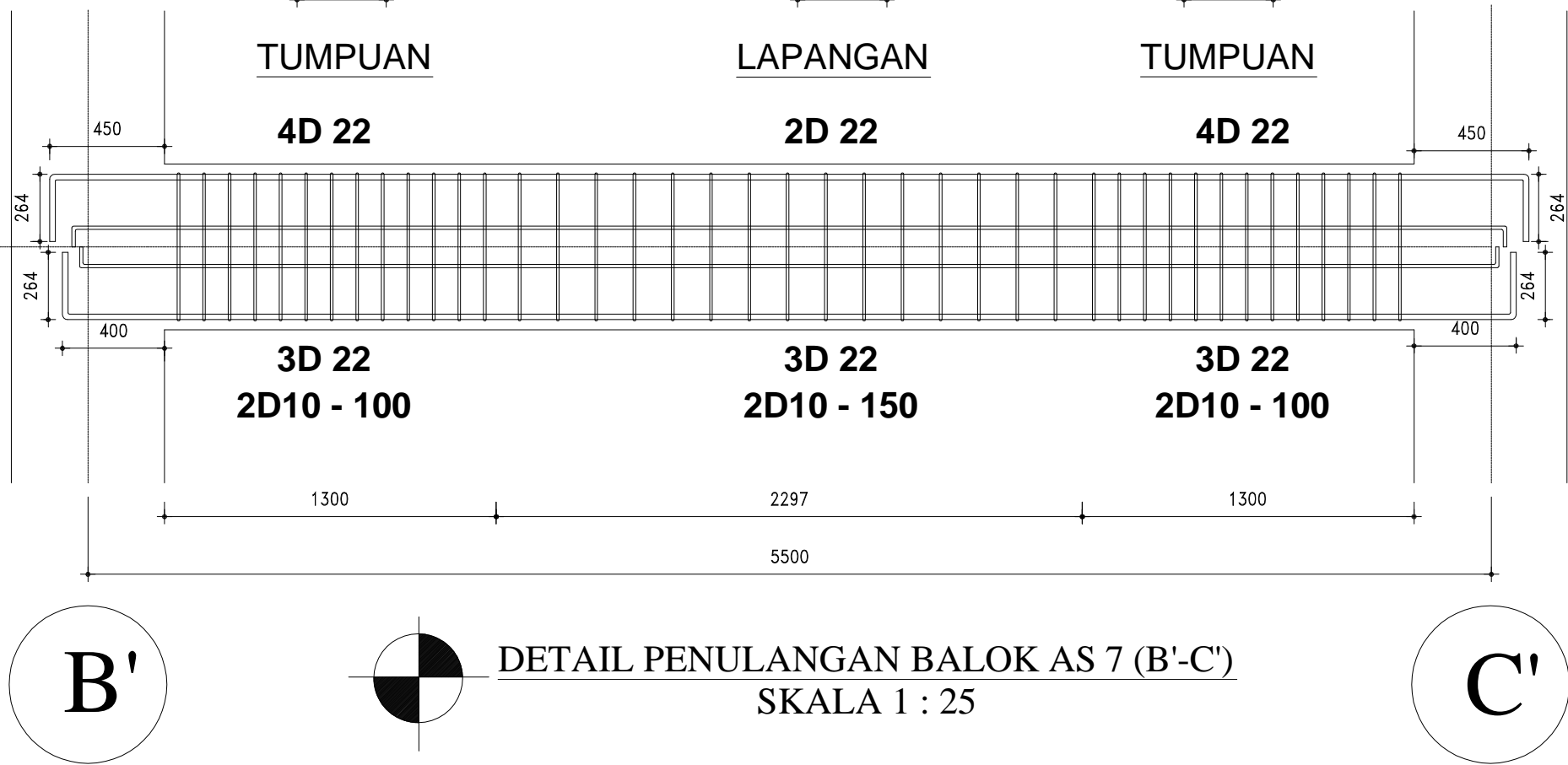


TUMPUAN

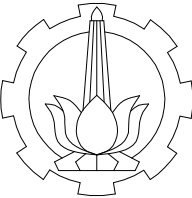


DETAIL PENULANGAN BALOK AS D' (5'-6')
SKALA 1 : 25

7



TYPE BALOK	BALOK INDUK MELINTANG (BI 2)	
	TUMPUAN	LAPANGAN
DIMENSI	350 mm x 650 mm	
TUL. ATAS	4D 22	3D 22
TUL. BAWAH	3D 22	3D 22
TUL. TENGAH	2D 13	2D 13
TUL. SENGKANG	2D13 - 100	2D13 - 150



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

TUGAS

PROYEK AKHIR TERAPAN

JUDUL

DESAIN STRUKTUR GEDUNG
HOLLAND PARK CONDOTEL
BATU-MALANG DENGAN
MENGUNAKAN METODE DUAL
SYSTEM DAN METODE
PELAKSANAAN PEKERJAAN
BALOK DAN PLAT

NAMA GAMBAR & SKALA

- DETAIL PENULANGAN
BALOK AS 7 (B'-C')
1 : 25

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Boedi Wibowo, CES.
NIP. 19530424 198203 1 002

Afif Navir Refani ST.,MT.
NIP. 19840919 2015041 001

MAHASISWA

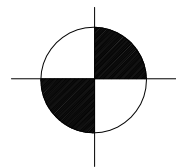
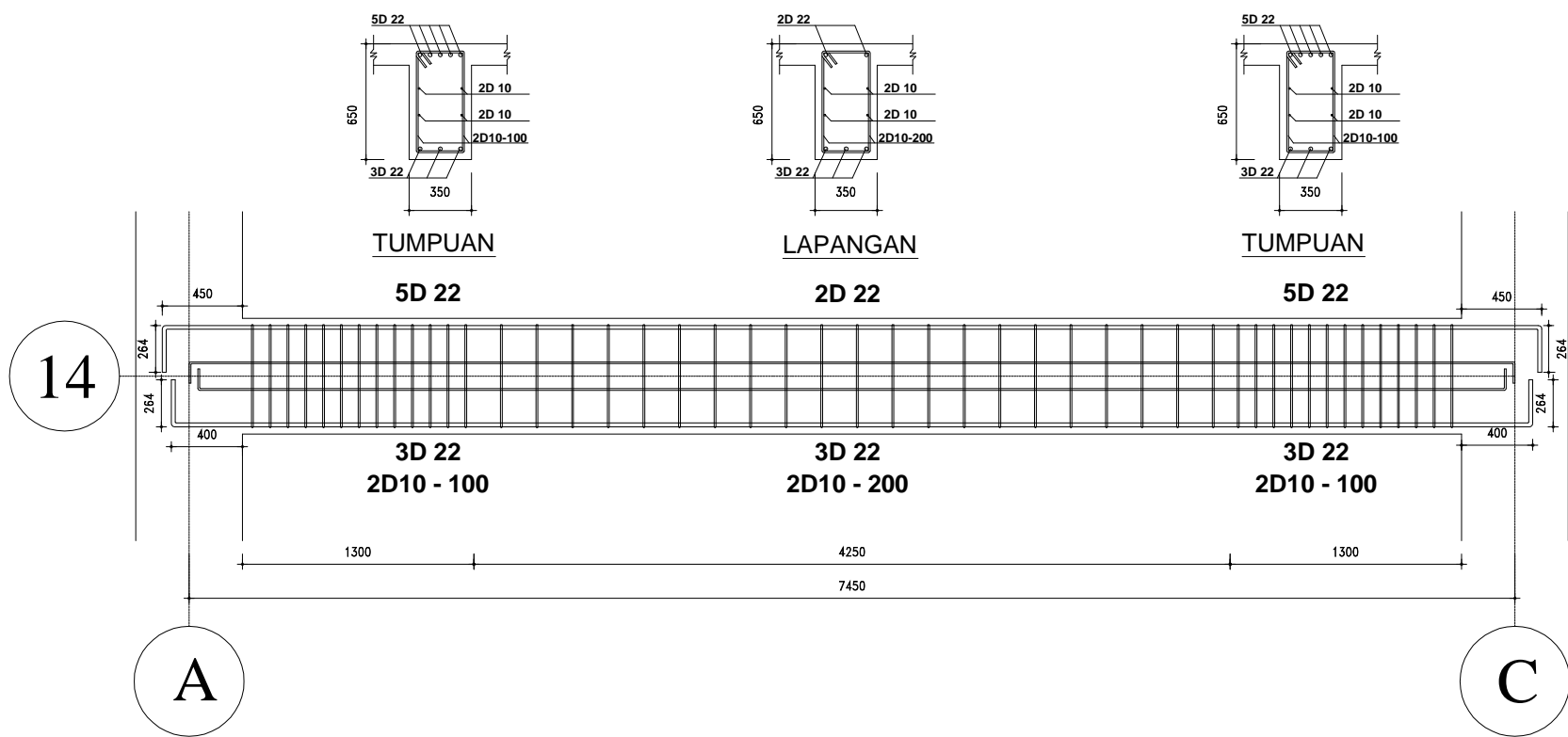
Eddo Bagus Ardiansyah
3113 041 016

KODE GMBR

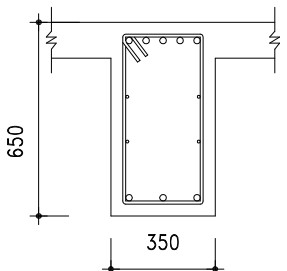
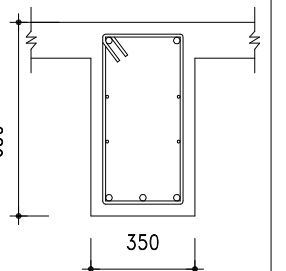
NO. LMBR

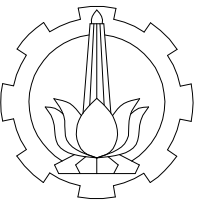
STR

36



DETAIL PENULANGAN BALOK AS 14 (A-C)
SKALA 1 : 25

TYPE BALOK	BALOK INDUK MELINTANG (BI 3)	
	TUMPUAN	LAPANGAN
		
	SELIMUT BETON = 40 mm	
DIMENSI	350 mm x 650 mm	
TUL. ATAS	5D 22	2D 22
TUL. BAWAH	3D 22	3D 22
TUL. TENGAH	2D 10	2D 10
TUL. SENGKANG	2D10 - 100	2D10 - 200



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

TUGAS

PROYEK AKHIR TERAPAN

JUDUL

DESAIN STRUKTUR GEDUNG
HOLLAND PARK CONDOTEL
BATU-MALANG DENGAN
MENGUNAKAN METODE DUAL
SYSTEM DAN METODE
PELAKSANAAN PEKERJAAN
BALOK DAN PLAT

NAMA GAMBAR & SKALA

- DETAIL PENULANGAN
BALOK AS 14 (A-C)
1 : 25

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Boedi Wibowo, CES.
NIP. 19530424 198203 1 002
Afif Navir Refani ST.,MT.
NIP. 19840919 2015041 001

MAHASISWA

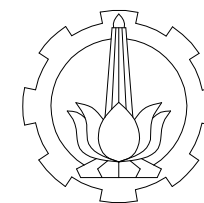
Eddo Bagus Ardiansyah
3113 041 016

KODE GMBR

NO. LMBR

STR

37



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

TUGAS

PROYEK AKHIR TERAPAN

JUDUL

DESAIN STRUKTUR GEDUNG
HOLLAND PARK CONDOTEL
BATU-MALANG DENGAN
MENGUNAKAN METODE DUAL
SYSTEM DAN METODE
PELAKSANAAN PEKERJAAN
BALOK DAN PLAT

NAMA GAMBAR & SKALA

- DETAIL PENULANGAN
SLOOF AS 3 (B'-C')
1 : 25

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Boedi Wibowo, CES.
NIP. 19530424 198203 1 002

Afif Navir Refani ST.,MT.
NIP. 19840919 2015041 001

MAHASISWA

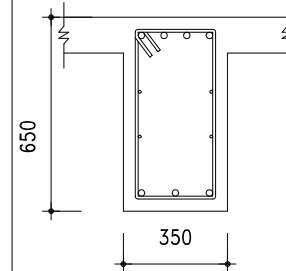
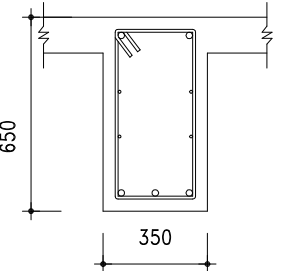
Eddo Bagus Ardiansyah
3113 041 016

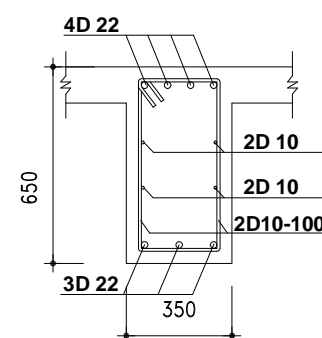
KODE GMBR

NO. LMBR

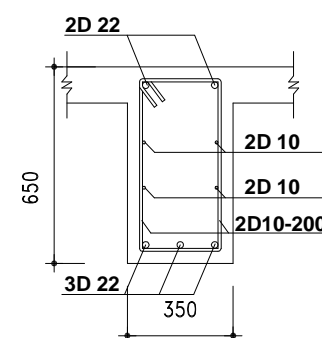
STR

38

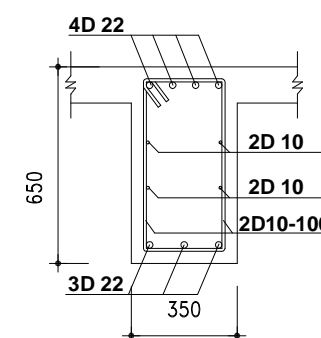
TYPE BALOK	SLOOF MELINTANG (S2)	
	TUMPUAN	LAPANGAN
		
	SELIMUT BETON = 40 mm	
DIMENSI	350 mm x 650 mm	
TUL. ATAS	4D 22	2D 22
TUL. BAWAH	3D 22	3D 22
TUL. TENGAH	2D 10	2D 10
TUL. SENGKANG	2D10 - 100	2D10 - 200



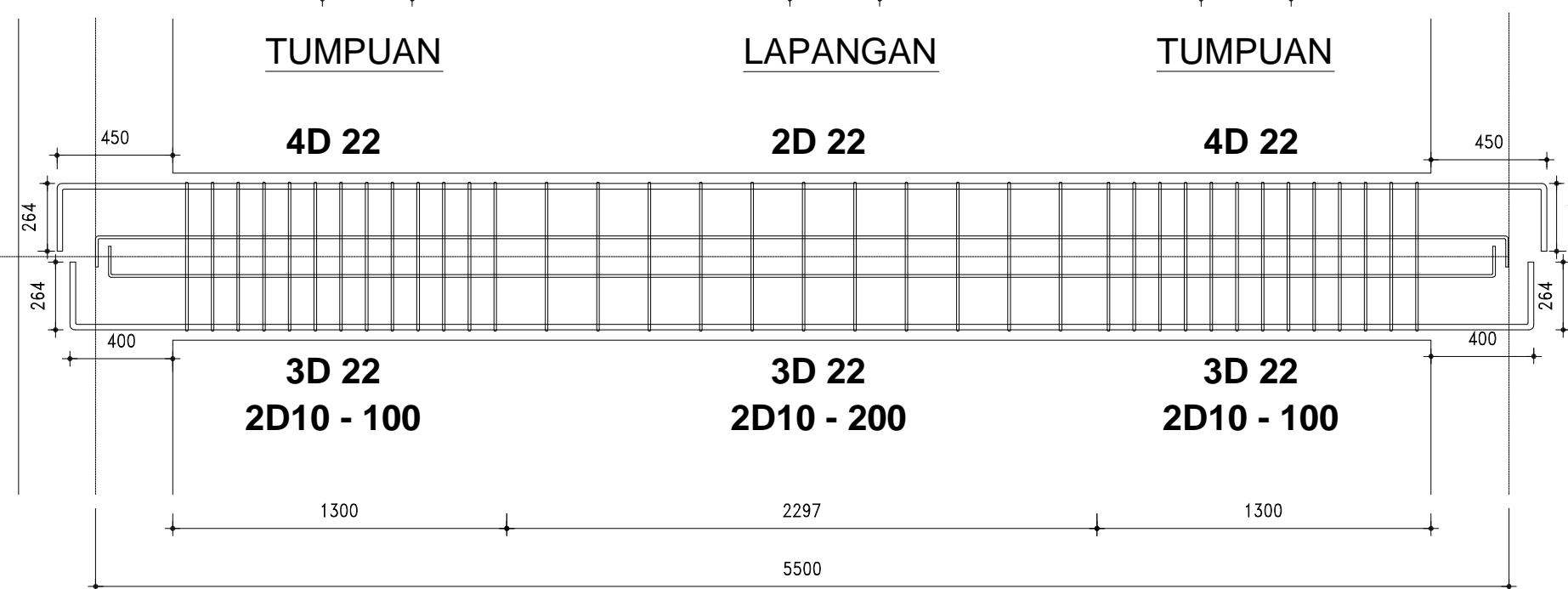
TUMPUAN



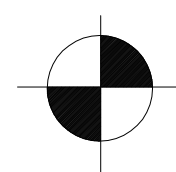
LAPANGAN



TUMPUAN

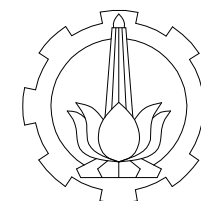


B'



DETAIL PENULANGAN SLOOF AS 3 (B'-C')
SKALA 1 : 25

C'



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

TUGAS

PROYEK AKHIR TERAPAN

JUDUL

DESAIN STRUKTUR GEDUNG
HOLLAND PARK CONDOTEL
BATU-MALANG DENGAN
MENGUNAKAN METODE DUAL
SYSTEM DAN METODE
PELAKSANAAN PEKERJAAN
BALOK DAN PLAT

NAMA GAMBAR & SKALA

- DETAIL PENULANGAN
SLOOF AS B (14-15)
1 : 25

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Boedi Wibowo, CES.
NIP. 19530424 198203 1 002

Afif Navir Refani ST.,MT.
NIP. 19840919 2015041 001

MAHASISWA

Eddo Bagus Ardiansyah
3113 041 016

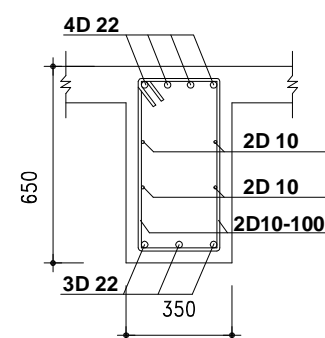
KODE GMBR

NO. LMBR

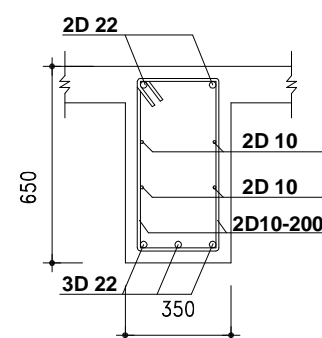
STR

39

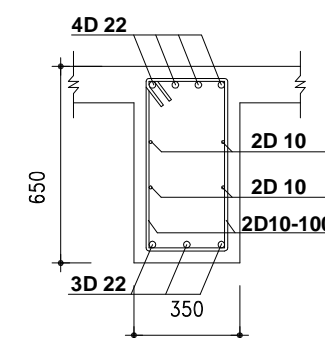
TYPE BALOK	SLOOF MEMANJANG (S1)	
	TUMPUAN	LAPANGAN
	SELIMUT BETON = 40 mm	
	SELIMUT BETON = 40 mm	
DIMENSI	350 mm x 650 mm	
TUL. ATAS	4D 22	2D 22
TUL. BAWAH	3D 22	3D 22
TUL. TENGAH	2D 10	2D 10
TUL. SENGKANG	2D10 - 100	2D10 - 200



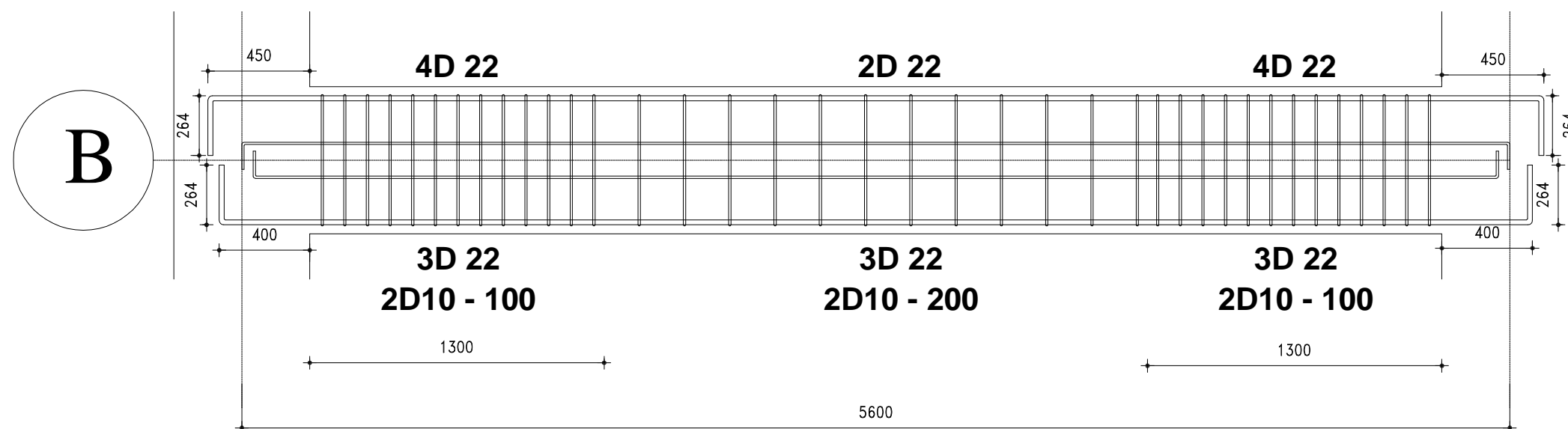
TUMPUAN



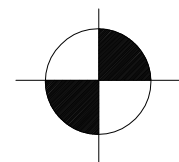
LAPANGAN



TUMPUAN

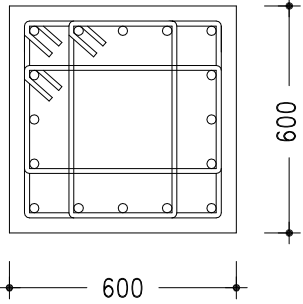
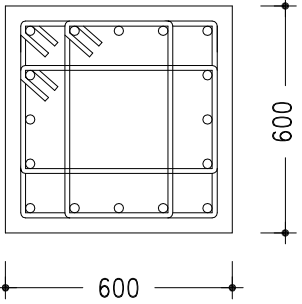


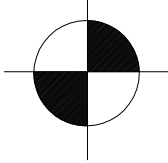
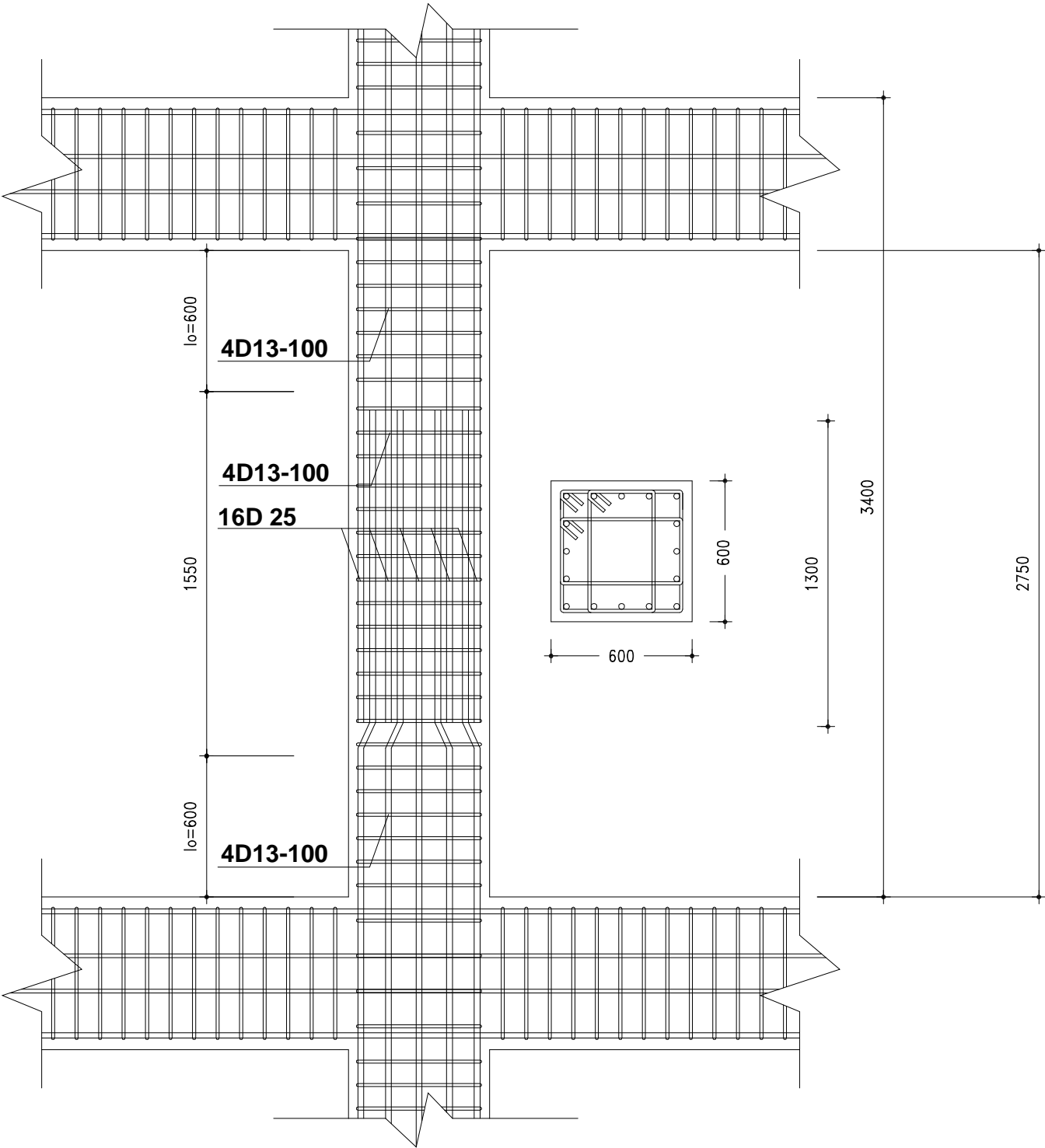
14



DETAIL PENULANGAN SLOOF AS B (14-15)
SKALA 1 : 25

15

TYPE KOLOM	KOLOM TYPE K-1	
	TUMPUAN	LAPANGAN
	 SELIMUT BETON = 40 mm	 SELIMUT BETON = 40 mm
DIMENSI	600 mm x 600 mm	
TUL. UTAMA	16D 25	16D 25
TUL. SENGKANG	4D13 - 100	4D13 - 150



DETAIL PENULANGAN KOLOM K1
SKALA 1 : 25



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

TUGAS

PROYEK AKHIR TERAPAN

JUDUL

DESAIN STRUKTUR GEDUNG
HOLLAND PARK CONDOTEL
BATU-MALANG DENGAN
MENGUNAKAN METODE DUAL
SYSTEM DAN METODE
PELAKSANAAN PEKERJAAN
BALOK DAN PLAT

NAMA GAMBAR & SKALA

DETAIL PENULANGAN KOLOM K1
1 : 25

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Boedi Wibowo, CES.
NIP. 19530424 198203 1 002

Afif Navir Refani ST.,MT.
NIP. 19840919 2015041 001

MAHASISWA

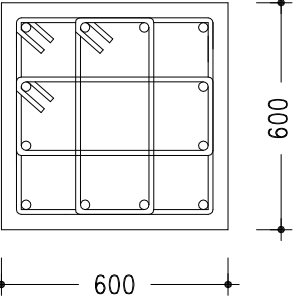
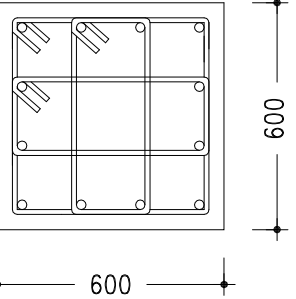
Eddo Bagus Ardiansyah
3113 041 016

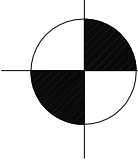
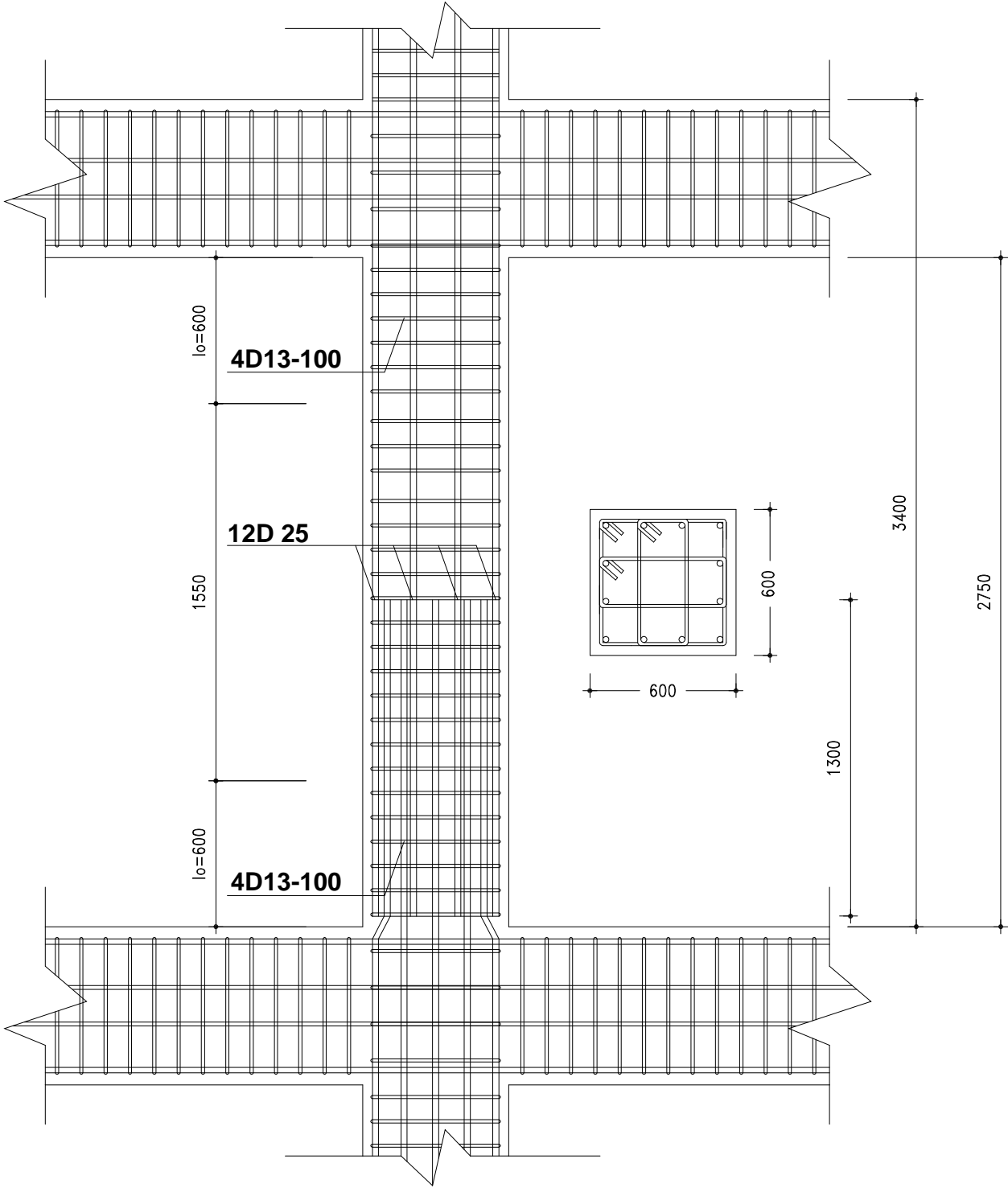
KODE GMBR

NO. LMBR

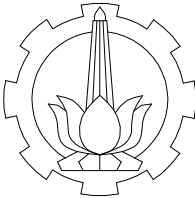
STR

40

TYPE KOLOM	KOLOM TYPE K-2	
	TUMPUAN	LAPANGAN
	 SELIMUT BETON = 40 mm	 SELIMUT BETON = 40 mm
DIMENSI	600 mm x 600 mm	
TUL. UTAMA	12D 25	12D 25
TUL. SENGKANG	4D13 - 100	4D13 - 150



DETAIL PENULANGAN KOLOM K2
SKALA 1 : 25



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

TUGAS

PROYEK AKHIR TERAPAN

JUDUL

DESAIN STRUKTUR GEDUNG
HOLLAND PARK CONDOTEL
BATU-MALANG DENGAN
MENGUNAKAN METODE DUAL
SYSTEM DAN METODE
PELAKSANAAN PEKERJAAN
BALOK DAN PLAT

NAMA GAMBAR & SKALA

DETAIL PENULANGAN KOLOM K2
1 : 25

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Boedi Wibowo, CES.
NIP. 19530424 198203 1 002

Afif Navir Refani ST.,MT.
NIP. 19840919 2015041 001

MAHASISWA

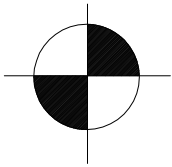
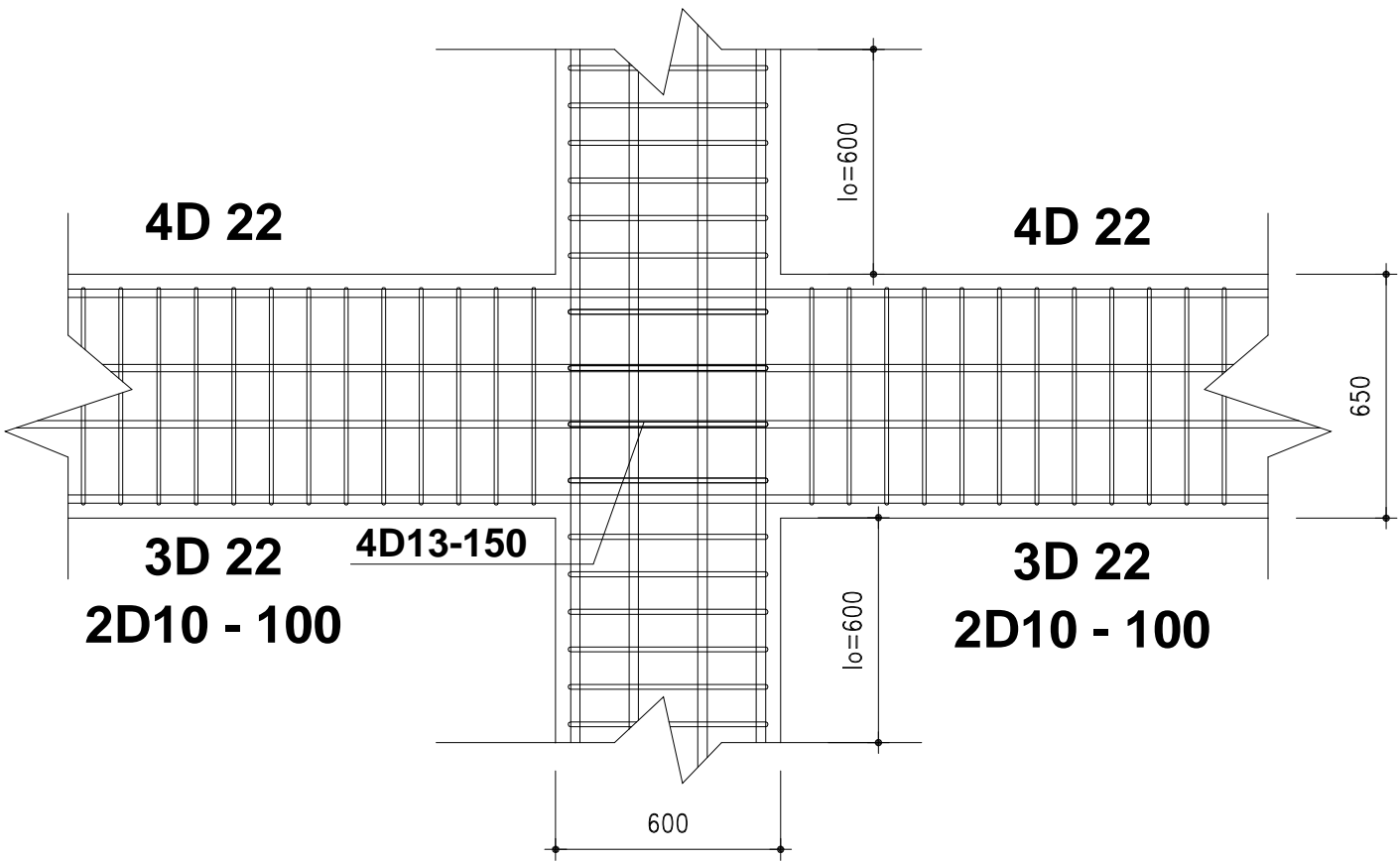
Eddo Bagus Ardiansyah
3113 041 016

KODE GMBR

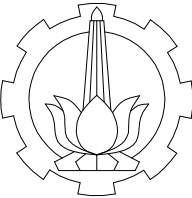
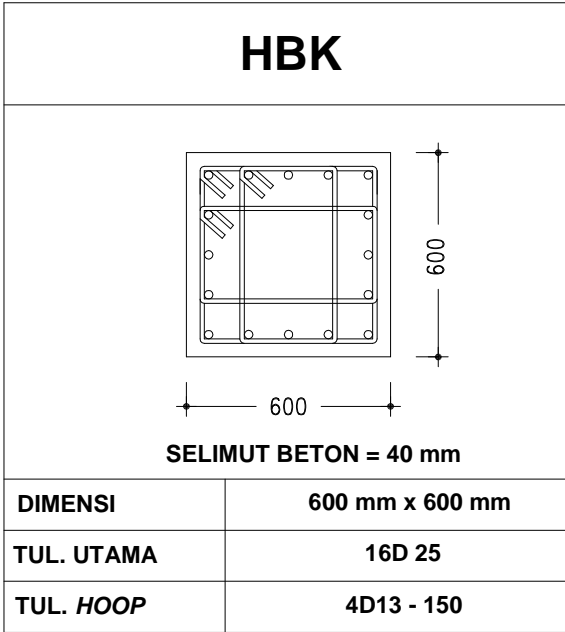
NO. LMBR

STR

41



DETAIL HBK
SKALA 1 : 20



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

TUGAS

PROYEK AKHIR TERAPAN

JUDUL

DESAIN STRUKTUR GEDUNG
HOLLAND PARK CONDOTEL
BATU-MALANG DENGAN
MENGUNAKAN METODE DUAL
SYSTEM DAN METODE
PELAKSANAAN PEKERJAAN
BALOK DAN PLAT

NAMA GAMBAR & SKALA

- DETAIL HBK
1 : 20

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Boedi Wibowo, CES.
NIP. 19530424 198203 1 002

Afif Navir Refani ST.,MT.
NIP. 19840919 2015041 001

MAHASISWA

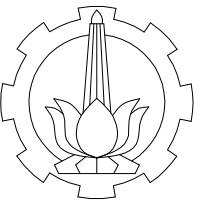
Eddo Bagus Ardiansyah
3113 041 016

KODE GMBR

NO. LMBR

STR

42



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

TUGAS

PROYEK AKHIR TERAPAN

JUDUL

DESAIN STRUKTUR GEDUNG
HOLLAND PARK CONDOTEL
BATU-MALANG DENGAN
MENGUNAKAN METODE DUAL
SYSTEM DAN METODE
PELAKSANAAN PEKERJAAN
BALOK DAN PLAT

NAMA GAMBAR & SKALA

- DETAIL PENULANGAN *SHEARWALL 1*
 - DETAIL PENULANGAN *SHEARWALL 2*
- 1 : 25

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Boedi Wibowo, CES.
NIP. 19530424 198203 1 002

Afif Navir Refani ST.,MT.
NIP. 19840919 2015041 001

MAHASISWA

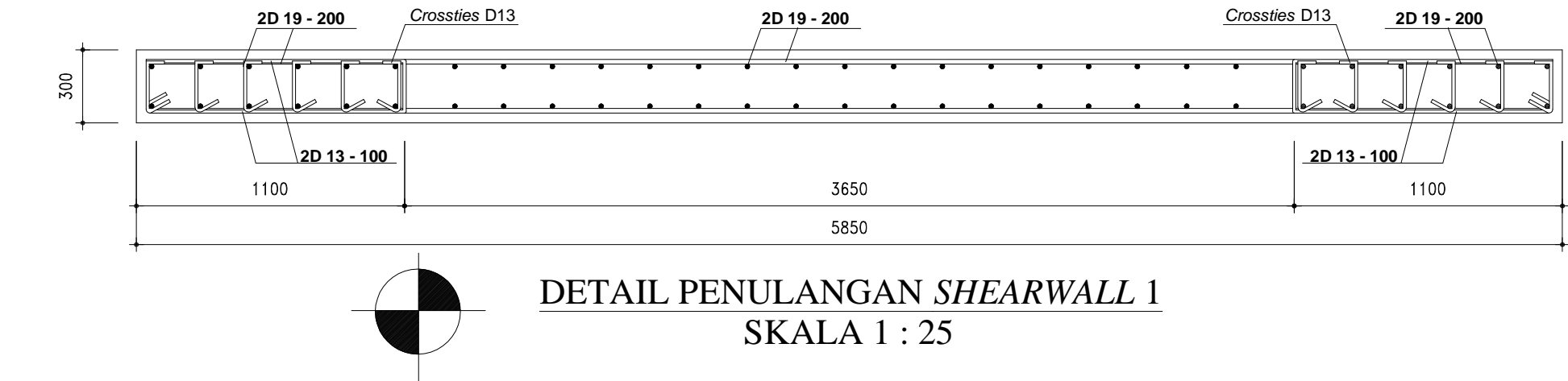
Eddo Bagus Ardiansyah
3113 041 016

KODE GMBR

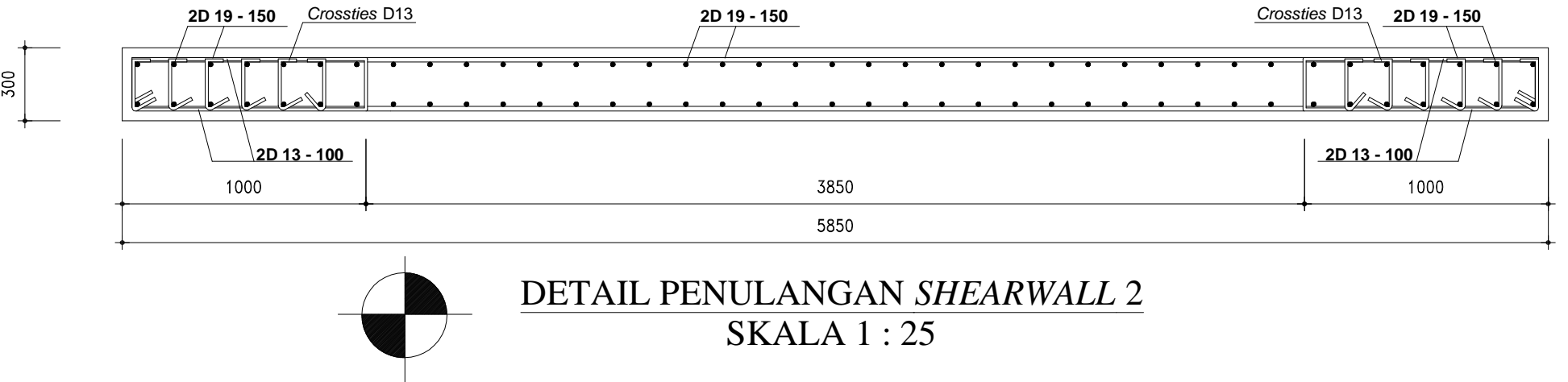
NO. LMBR

STR

43



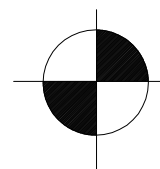
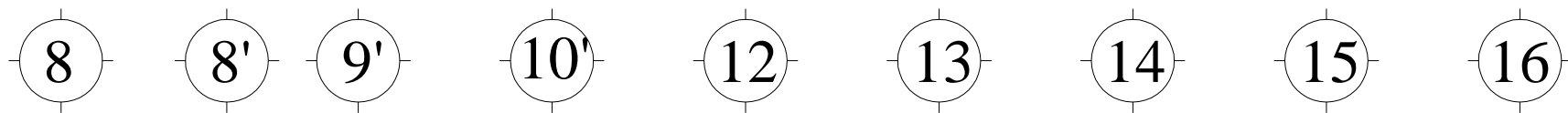
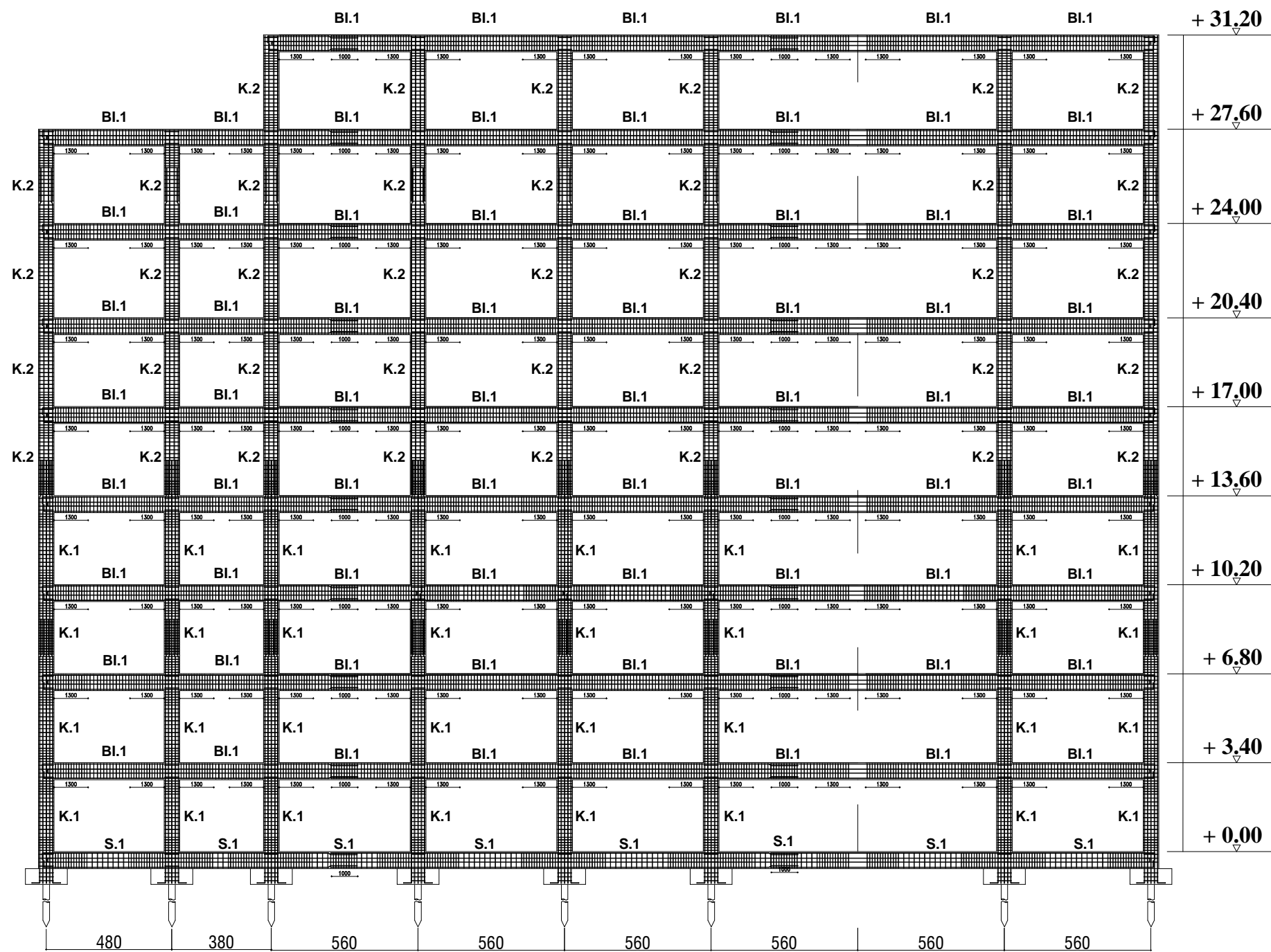
DETAIL PENULANGAN *SHEARWALL 1*
SKALA 1 : 25



DETAIL PENULANGAN *SHEARWALL 2*
SKALA 1 : 25

KODE	<i>SHEARWALL 1</i>
DIMENSI	300 mm x 5850 mm
TUL. LONGITUDINAL	2D19 - 200
TUL. TRANSVERSAL	2D19 - 200
TUL. CONFINEMENT	2D13 - 100
CROSSTIES	6D13

KODE	<i>SHEARWALL 2</i>
DIMENSI	300 mm x 5850 mm
TUL. LONGITUDINAL	2D19 - 150
TUL. TRANSVERSAL	2D19 - 150
TUL. CONFINEMENT	2D13 - 100
CROSSTIES	6D13



PORTAL MEMANJANG AS C (8-16)
SKALA 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

TUGAS

PROYEK AKHIR TERAPAN

JUDUL

DESAIN STRUKTUR GEDUNG
HOLLAND PARK CONDOTEL
BATU-MALANG DENGAN
MENGUNAKAN METODE DUAL
SYSTEM DAN METODE
PELAKSANAAN PEKERJAAN
BALOK DAN PLAT

NAMA GAMBAR & SKALA

PORTAL MEMANJANG AS C (8-16)
1 : 200

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Boedi Wibowo, CES.
NIP. 19530424 198203 1 002

Afif Navir Refani ST.,MT.
NIP. 19840919 2015041 001

MAHASISWA

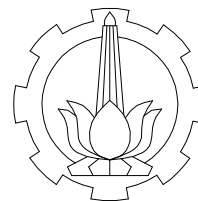
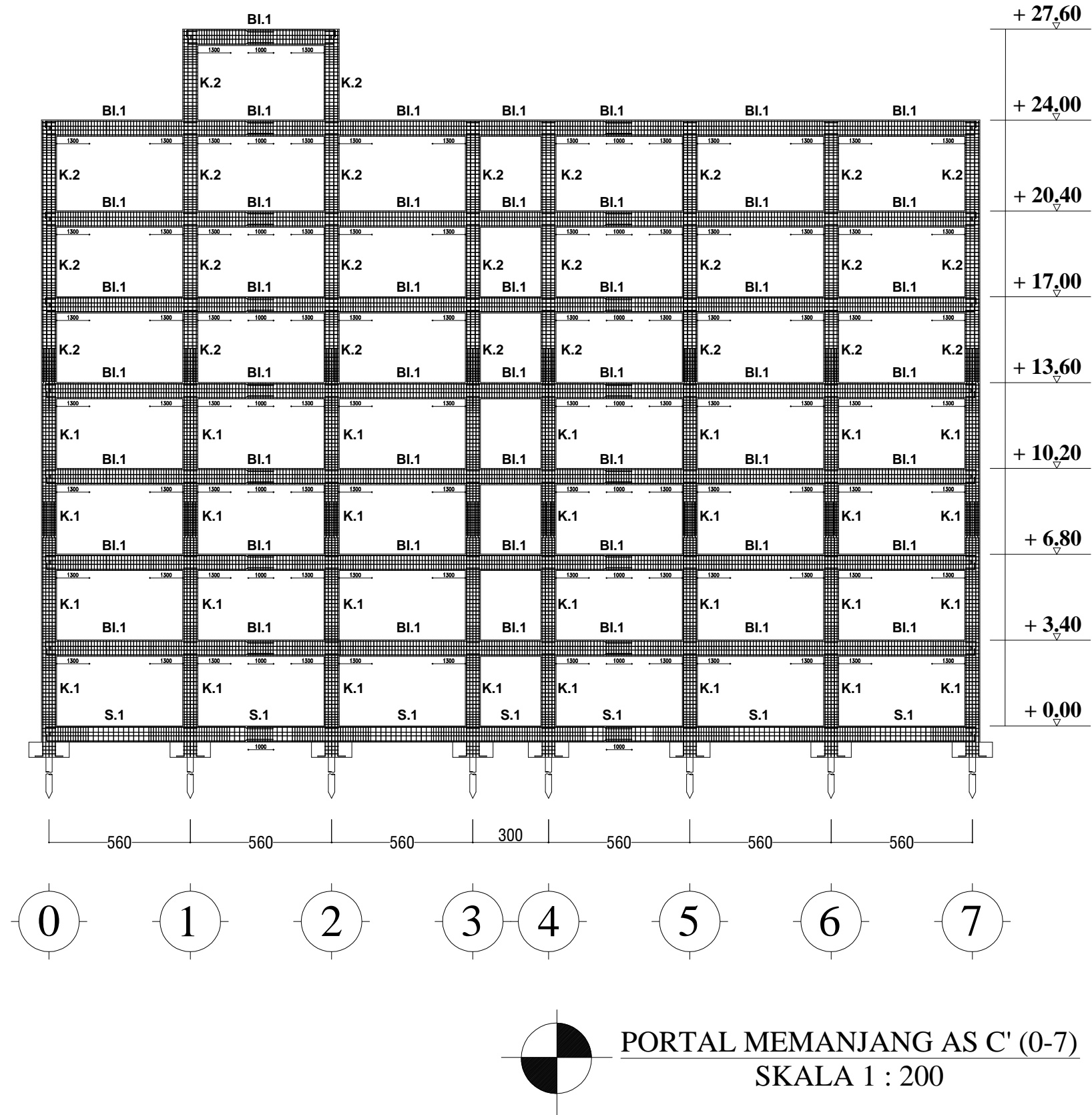
Eddo Bagus Ardiansyah
3113 041 016

KODE GMBR

NO. LMBR

STR

44



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

TUGAS

PROYEK AKHIR TERAPAN

JUDUL

DESAIN STRUKTUR GEDUNG
HOLLAND PARK CONDOTEL
BATU-MALANG DENGAN
MENGUNAKAN METODE DUAL
SYSTEM DAN METODE
PELAKSANAAN PEKERJAAN
BALOK DAN PLAT

NAMA GAMBAR & SKALA

PORTAL MEMANJANG AS C' (0-7)
1 :200

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Boedi Wibowo, CES.
NIP. 19530424 198203 1 002

Afif Navir Refani ST.,MT.
NIP. 19840919 2015041 001

MAHASISWA

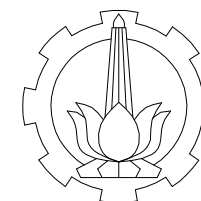
Eddo Bagus Ardiansyah
3113 041 016

KODE GMBR

NO. LMBR

STR

45



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

TUGAS

PROYEK AKHIR TERAPAN

JUDUL

DESAIN STRUKTUR GEDUNG
HOLLAND PARK CONDOTEL
BATU-MALANG DENGAN
MENGUNAKAN METODE DUAL
SYSTEM DAN METODE
PELAKSANAAN PEKERJAAN
BALOK DAN PLAT

NAMA GAMBAR & SKALA

- PORTAL MELINTANG AS 14 (A-D)
- PORTAL MELINTANG AS 2 (E-B')
1 : 200

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Boedi Wibowo, CES.
NIP. 19530424 198203 1 002

Afif Navir Refani ST.,MT.
NIP. 19840919 2015041 001

MAHASISWA

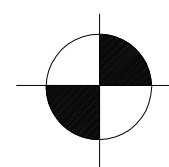
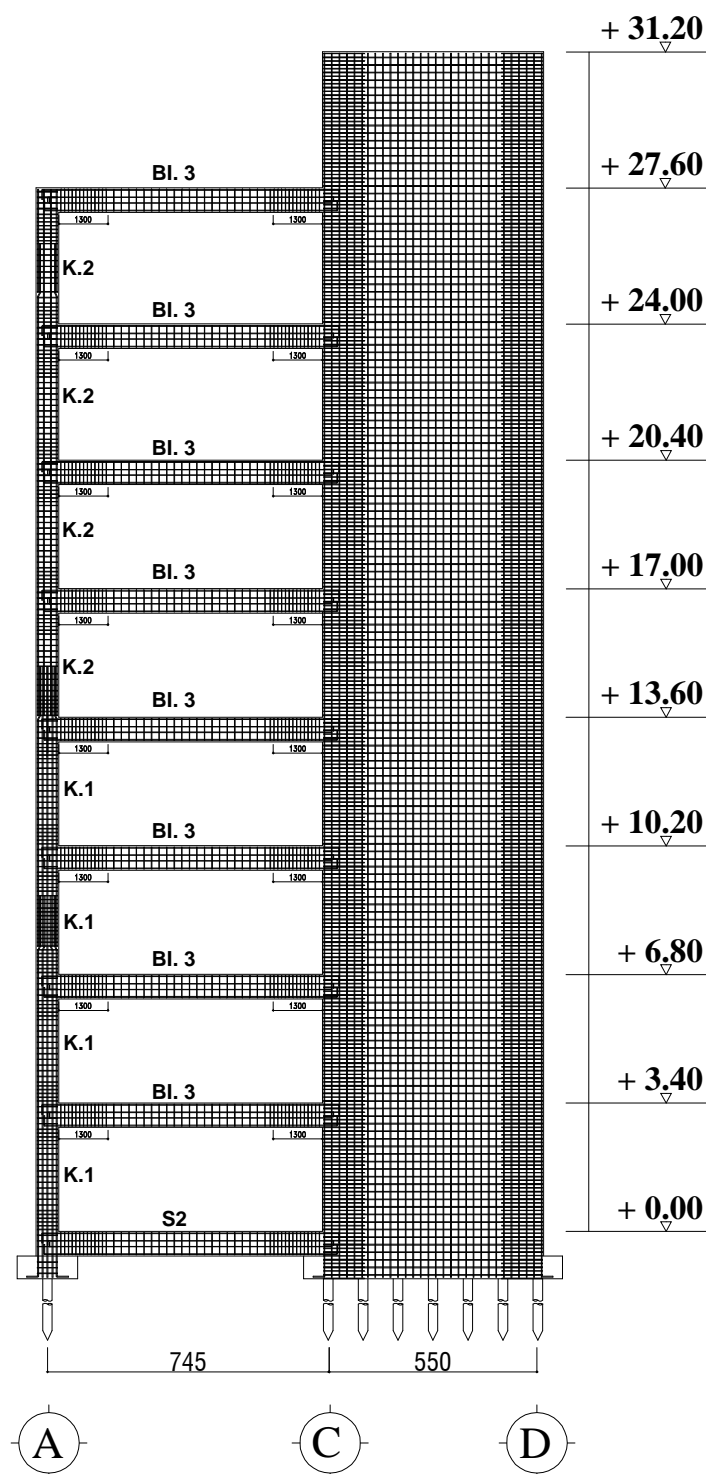
Eddo Bagus Ardiansyah
3113 041 016

KODE GMBR

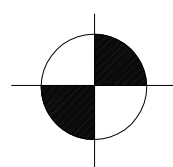
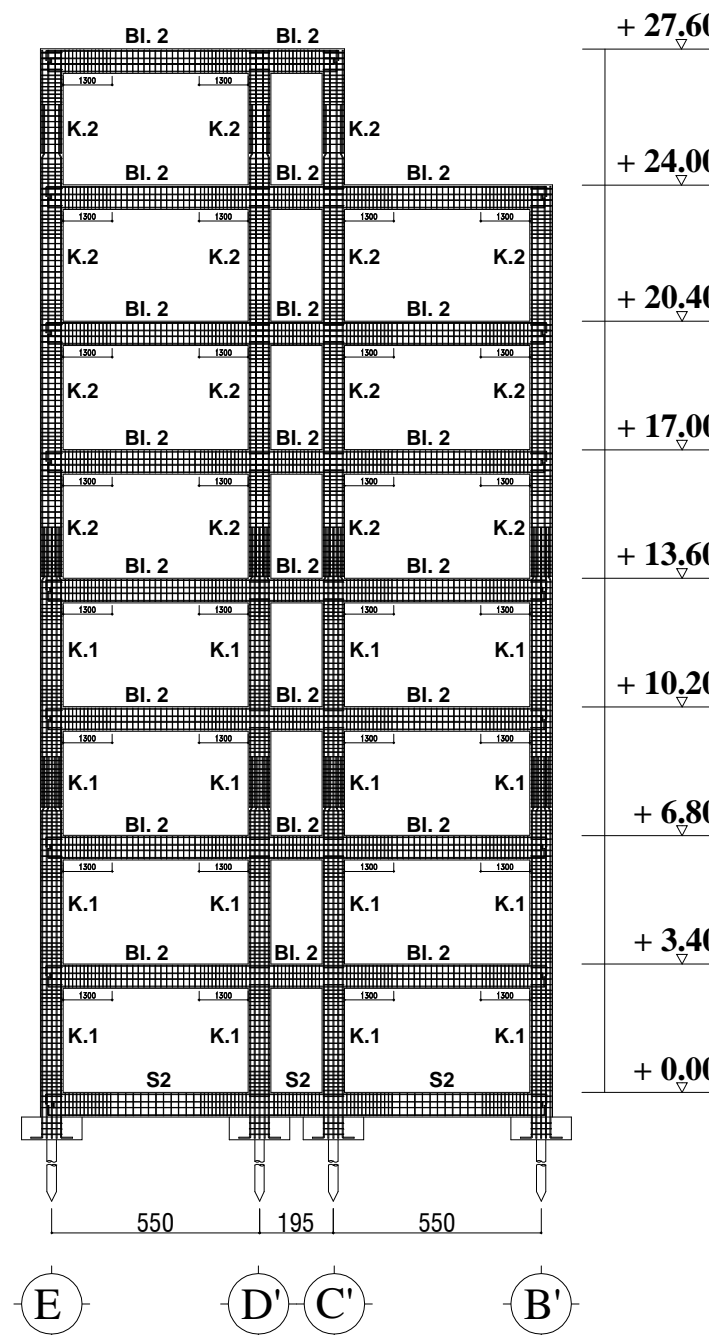
NO. LMBR

STR

46



PORTAL MELINTANG AS 14 (A-D)
SKALA 1 : 200



PORTAL MELINTANG AS 2 (E-B')
SKALA 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

TUGAS

PROYEK AKHIR TERAPAN

JUDUL

DESAIN STRUKTUR GEDUNG
HOLLAND PARK CONDOTEL
BATU-MALANG DENGAN
MENGGUNAKAN METODE DUAL
SYSTEM DAN METODE
PELAKSANAAN PEKERJAAN
BALOK DAN PLAT

NAMA GAMBAR & SKALA

DETAIL SHEARWALL AS 14 (C-D)
1 : 40

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Boedi Wibowo, CES.
NIP. 19530424 198203 1 002

Afif Navir Refani ST.,MT.
NIP. 19840919 2015041 001

MAHASISWA

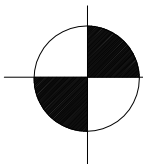
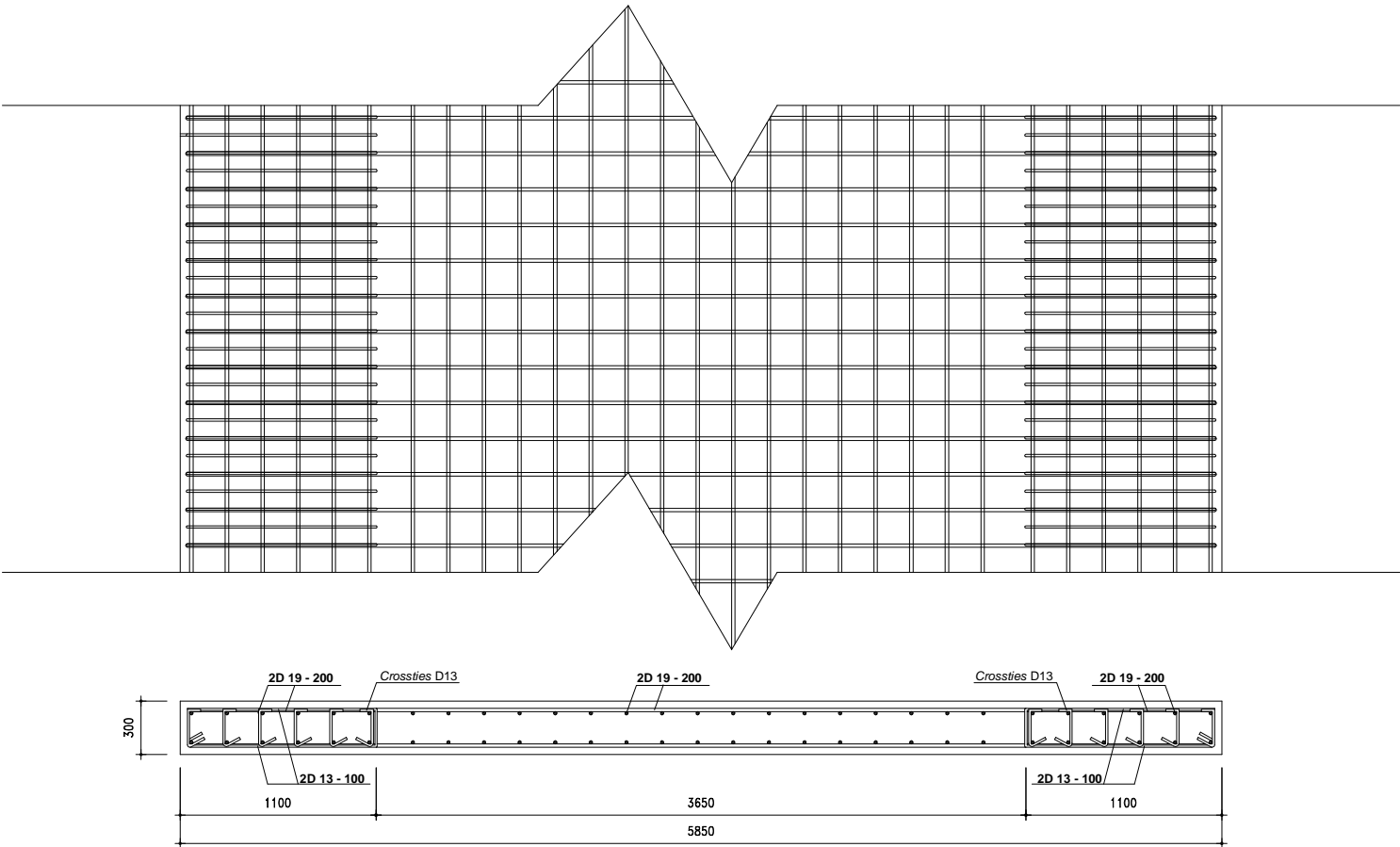
Eddo Bagus Ardiansyah
3113 041 016

KODE GMBR

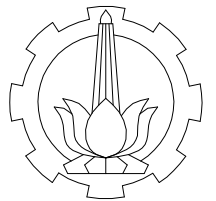
NO. LMBR

STR

47



DETAIL SHEARWALL AS 14 (C-D)
SKALA 1 : 40



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

TUGAS

PROYEK AKHIR TERAPAN

JUDUL

DESAIN STRUKTUR GEDUNG
HOLLAND PARK CONDOTEL
BATU-MALANG DENGAN
MENGUNAKAN METODE DUAL
SYSTEM DAN METODE
PELAKSANAAN PEKERJAAN
BALOK DAN PLAT

NAMA GAMBAR & SKALA

REKAPITULAS DETAIL
PENULANGAN BALOK
1 : 40

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Boedi Wibowo, CES.
NIP. 19530424 198203 1 002

Afif Navir Refani ST.,MT.
NIP. 19840919 2015041 001

MAHASISWA

Eddo Bagus Ardiansyah
3113 041 016

KODE GMBR

NO. LMBR

STR

48

TYPE BALOK	BALOK ANAK (BA)	
	TUMPUAN	LAPANGAN
	SELIMUT BETON = 40 mm	
DIMENSI	300 mm x 40 mm	
TUL. ATAS	4D 16	2D 16
TUL. BAWAH	3D 16	3D 16
TUL. TENGAH	2D 10	2D 10
TUL. SENGKANG	2D10 - 100	2D10 - 150

TYPE BALOK	BALOK BORDES (BB)	
	TUMPUAN	LAPANGAN
	SELIMUT BETON = 40 mm	
DIMENSI	300 mm x 450 mm	
TUL. ATAS	3D 19	2D 19
TUL. BAWAH	3D 19	3D 19
TUL. TENGAH	2D 10	2D 10
TUL. SENGKANG	2D10 - 100	2D10 - 100

TYPE BALOK	BALOK LIFT (BL)	
	TUMPUAN	LAPANGAN
	SELIMUT BETON = 40 mm	
DIMENSI	300 mm x 450 mm	
TUL. ATAS	2D 19	2D 19
TUL. BAWAH	2D 19	2D 19
TUL. TENGAH	-	-
TUL. SENGKANG	2D10 - 120	2D10 - 150

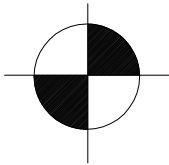
TYPE BALOK	BALOK INDUK MELINTANG (BI 3)	
	TUMPUAN	LAPANGAN
	SELIMUT BETON = 40 mm	
DIMENSI	350 mm x 650 mm	
TUL. ATAS	5D 22	2D 22
TUL. BAWAH	3D 22	3D 22
TUL. TENGAH	2D 10	2D 10
TUL. SENGKANG	2D10 - 100	2D10 - 200

TYPE BALOK	SLOOF MEMANJANG (S1)	
	TUMPUAN	LAPANGAN
	SELIMUT BETON = 40 mm	
DIMENSI	350 mm x 650 mm	
TUL. ATAS	4D 22	2D 22
TUL. BAWAH	3D 22	3D 22
TUL. TENGAH	2D 10	2D 10
TUL. SENGKANG	2D10 - 100	2D10 - 200

TYPE BALOK	SLOOF MELINTANG (S2)	
	TUMPUAN	LAPANGAN
	SELIMUT BETON = 40 mm	
DIMENSI	350 mm x 650 mm	
TUL. ATAS	4D 22	2D 22
TUL. BAWAH	3D 22	3D 22
TUL. TENGAH	2D 10	2D 10
TUL. SENGKANG	2D10 - 100	2D10 - 200

TYPE BALOK	BALOK INDUK MEMANJANG (BI 1)	
	TUMPUAN	LAPANGAN
	SELIMUT BETON = 40 mm	
DIMENSI	350 mm x 650 mm	
TUL. ATAS	5D 22	2D 22
TUL. BAWAH	3D 22	3D 22
TUL. TENGAH	2D 13	2D 13
TUL. SENGKANG	2D13 - 100	2D13 - 120

TYPE BALOK	BALOK INDUK MELINTANG (BI 2)	
	TUMPUAN	LAPANGAN
	SELIMUT BETON = 40 mm	
DIMENSI	350 mm x 650 mm	
TUL. ATAS	4D 22	3D 22
TUL. BAWAH	3D 22	3D 22
TUL. TENGAH	2D 13	2D 13
TUL. SENGKANG	2D13 - 100	2D13 - 150



REKAPITULASI DETAIL PENULANGAN BALOK
SKALA 1 : 40